ISSN 1992-5980

ВЕСТНИК

ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Том 9 №2(41)

2009

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЖУРНАЛА (согласно действующей номенклатуре специальностей научных работников):

Физико-математические науки:

01.01.01 – Вещественный, комплексный и функциональный анализ;
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела;
01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры;
01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Технические науки:

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела;
01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры;
05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин;
05.02.04 – Трение и износ в машинах;
05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки;
05.02.08 – Технология машиностроения;
05.02.09 – Технологии и машины обработки давлением;
05.02.10 – Сварка, родственные процессы и технологии;
05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (по отраслям);
05.02.22 – Организация производства (по отраслям);
05.11.01 – Приборы и методы измерения по видам измерений;
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям);
05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям);
05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;
05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов;
05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы;
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства;
05.26.01 – Охрана труда (по отраслям)

Гуманитарные науки:

Исторические науки и археология:
07.00.10 – История науки и техники
Философские науки:
09.00.08 – Философия науки и техники;
09.00.11 – Социальная философия

Социально-экономические и общественные науки:

Экономические науки:
05.02.22 – Организация производства (по отраслям);
08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности)
Педагогические науки:
13.00.01 – Общая педагогика, история педагогики и образования;
13.00.18 – Теория и методика профессионального образования

ВЕСТНИК
ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2009

Т.9 №2(41)

Теоретический и научно-практический журнал

Рекомендован ВАК для публикаций результатов диссертационных исследований на соискание ученой степени доктора наук по направлению «Машиностроение» и кандидата наук по направлениям: «Управление, вычислительная техника и информатика», «Инженерно-агропромышленные специальности»

Издается с 1999 г.
Выходит один раз в квартал
ИЮНЬ 2009 г.

Учредитель – **Донской государственный технический университет**

Главный редактор Б.Ч. Месхи (д-р техн. наук, проф.)
Зам. главного редактора И.В. Богуславский (д-р техн. наук, проф.)
Ответственный секретарь В.П. Димитров (д-р техн. наук, проф.)

Редакционная коллегия:

Направление «Физико-математические науки»:
С.М.Айзикович (д-р физ.-мат. наук, проф.),
А.А.Лаврентьев (д-р физ.-мат. наук, проф.),
А.Н.Соловьев (д-р физ.-мат. наук, проф.)

Направление «Технические науки»:
А.П.Бабичев (д-р техн. наук, проф.), И.А.Долгов (акад. РАСХН, д-р техн. наук, проф.),
Ю.И.Ермольев (д-р техн.наук, проф.), В.П.Жаров (д-р техн. наук, проф.),
В.Л.Заковоротный (д-р техн. наук, проф.), В.А.Кохановский (д-р техн. наук, проф.),
В.Г.Люлько (д-р техн. наук, проф.), Р.А.Нейдорф (д-р техн. наук, проф.),
М.Е.Попов (д-р техн. наук, проф.), А.А.Рыжкин (д-р техн. наук, проф.),
Б.В.Соболь (д-р техн. наук, проф.), А.К.Тугенгольд (д-р техн. наук, проф.),
А.Н.Чукарин (д-р техн. наук, проф.)

Направление «Педагогические науки»:
В.В.Богуславская (д-р филол. наук, проф), Н.Ф.Ефремова (д-р пед. наук, проф.),
О.А.Полушкин (д-р техн. наук, проф.)

Направление «Философские науки»:
Т.А.Бондаренко (д-р филос. наук, проф.),
С.Я.Подопригора (д-р филос. наук, проф.), С.Н.Яременко (д-р филос. наук, проф.)

Направление «Экономические науки»:
Н.Д.Елецкий (д-р экон. наук, проф.), Ю.В.Калачев (д-р экон. наук, проф.),
А.Д.Чистяков (д-р техн. наук, проф.)

Над номером работали: В.Ф.Лавриченко, Е.В.Хейгетян

Подписано в печать 14.05.2009.
Формат 30x42/8. Гарнитура «Tahoma». Печать офсетная.
Усл.печ.л. 25,4. Тираж 1000 экз. Заказ 194. Цена свободная

Адрес редакции:
344000, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1,
тел. 2-738-747
Адрес издательского центра:
344000, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1,
тел. 2-738-741, 2-738-322
http://www.donstu.ru/vestnik
http://www.dstu.edu.ru/vestnik

Регистрационное свидетельство ПИ № ФС 77-35012 от 16.01.09

© Издательский центр ДГТУ, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Соловьев А.Н., Ватульян А.О., Спожакин А.С., Шевцов С.Н. Реконструкция дефектов в слоистых композитах..... 185

Братищев А.В. Хаотичность коммутирующих с дифференцированием Данкла преобразований пространства аналитических функций..... 196

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Лаврентьев А.А, Рогов И.Е., Анисимов С.Д., Ковалева В.С. Оптимизация модели упрочненного слоя при поверхностном упрочнении..... 208

Шамшура С.А., Шевцов С.Н., Чукарин А.Н. Математическая модель шумообразования виброударного упрочнения лонжеронов вертолетов.... 217

Черноволов В.А., Ужахов Т.М., Ляшенко Т.М. Исследование динамических свойств центробежного аппарата для поверхностного внесения минеральных удобрений..... 224

Нескоромный С.В. Соединение стержневых деталей с корпусными ударной конденсаторной сваркой..... 231

Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Корнилов Ю.А., Сорочкина О.Ю. Неустойчивость кристаллической решетки перед мартенситным превращением и влияние внешнего магнитного поля в этих условиях 238

Рыбак А.Т., Сердюков А.В. Стенд для испытания объемных гидромашин с рекуперацией энергии..... 249

Остриков А.Н., Складчикова Ю.В. Исследование фрикционных свойств приправ..... 255

Борисова Л.В. Особенности построения подсистемы «Конструкция» экспертной системы «Электронный эксперт»..... 262

Алексеенко Л.Н. Моделирование выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны участков обкатки машиностроительных предприятий..... 271

Рыжкин А.А., Андросов А.А., Гребенюк Г.П., Савенков М.В., Вялая В.В. Определение координат боковых сторон зубьев колес с эллиптическим профилем..... 284

Тугенгольд А.К. Автономность и интеллектуальность мехатронных объектов..... 296

Победённый А.В. Информационная система для оценки производительности программных продуктов..... 303

Карнаухов Н.Ф., Филимонов М.Н., Пудова Ю.В. Демпфирование колебаний захватного устройства промышленного робота в режиме двухтокового динамического торможения асинхронного двигателя при частотном управлении..... 308

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гапоненко Т.В., Дьяченко Е.А. Организация управления интеллектуальным капиталом в условиях становления экономики знаний..... 322

Бармута К.А. Основные этапы реализации инновационных проектов..... 327

Попова И.В. Современные тенденции туристского спроса..... 334

ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ

Яременко С.Н. Иллюзии идентичности человека..... 344

Подопригора С.Я. Субъект социально-гуманитарного познания..... 356

Кошелев В.В. Социальная справедливость и социальное неравенство в условиях современной России..... 370

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Куракова Г.В. Особенности применения инновационных технологий в средних специальных учебных заведениях..... 377

Корсунова Е.Ф. Обзор международных сравнительных исследований образовательных достижений школьников..... 381

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.3:534.1

А.Н. СОЛОВЬЕВ, А.О. ВАТУЛЬЯН, А.С. СПОЖАКИН, С.Н. ШЕВЦОВ

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕФЕКТОВ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ

Предлагаются методы реконструкции двух типов дефектов в слоистых композитах: расслоений (интерфейсные трещины) и разрывов слоев (поперечные трещины). Обратные геометрические задачи реконструкции трещин сводятся к решению последовательности систем граничных интегральных уравнений (ГИУ), полученных на основе принципа взаимности работ при установившихся колебаниях исследуемых образцов. Решение ГИУ проводится на основе сочетания метода конечных элементов (МКЭ), метода граничных элементов (МГЭ) и метода регуляризации А.Н. Тихонова. Дополнительной информацией для решения обратных задач служит поле смещений, измеренное на части внешней границы тела, свободной от механических напряжений. Рассмотрены численные примеры идентификации расслоений и разрывов в рамках плоской задачи теории упругости.
Ключевые слова: *неразрушающий контроль, реконструкция трещин, композиты, граничные интегральные уравнения, метод граничных элементов.*

Введение. Одной из математических моделей деформированного твердого тела с дефектами в виде трещин при пренебрежении взаимодействием внутренних поверхностей является линейно-упругое тело с разрезами. На берегах этих разрезов задаются граничные условия в напряжениях (в частности, условия их отсутствия). В рамках такой линейной модели правомочно ставить задачи об установившихся колебаниях тела. Измерение амплитуд граничных волновых полей позволяет гораздо эффективнее, чем в статике, проводить восстановление напряженно-деформированного состояния (НДС) внутри тела и на его границах (в том числе внутренних), а по структуре этих полей идентифицировать дефекты. Среди задач реконструкции трещин внутри упругого тела наиболее простыми представляются задачи, в которых известно сечение тела (в общем случае криволинейная поверхность), содержащее дефекты. В случае плоского сечения его определение для уравнения Лапласа проводится в [1], для гармонических колебаний изотропного упругого тела в [2]. Методы, разработанные в этих работах, опираются на возможность измерить на всей границе тела, как вектор напряжений, так и вектор смещений. К задачам такого же типа относятся задачи определения интерфейсных трещин на внутренних границах составного упругого тела. Некоторые методы решения таких обратных задач теории упругости представлены в литературе. Так, в работе [3] предлагается метод неклассических ГИУ [4], в [5] применяется итерационный метод, основанный на алгоритме, предложенном в [6]. В работе [1] для уравнения Лапласа разработана полуявная схема реконструкции системы трещин. Одним из существенных требований к постановке этих обратных задач, приближающих их к практическому применению, является условие, при котором возможно измерение граничных сопряженных полей не на всей

внешней границе, а лишь на ее части. В такой постановке в настоящей работе предлагается два подхода к решению проблемы идентификации расслоений и формулировка систем ГИУ либо относительно скачков смещений на трещинах, либо компонент вектора напряжений на внутренней границе, содержащей дефекты. Эти системы являются интегральными уравнениями Фредгольма 1-го рода с гладкими ядрами, поэтому процедура их решения требует регуляризации. В работе решение их строится на основе сочетания идей метода граничных элементов, метода конечных элементов и метода регуляризации А.Н. Тихонова [7]. Полученные результаты опираются на подходы, развитые в работе [8].

Постановка обратной задачи. В декартовой прямоугольной системе координат $Ox_1x_2x_3$ ($\underline{x}=(x_1,x_2,x_3)$) рассматривается конечное составное упругое тело, занимающее область $V=\bigcup_{k=1}^{K}V_k$ (рис.1, слева) и ограниченную поверхностью S. Подобласти V_k представляют собой слои, S_{int} - внутренние интерфейсные поверхности раздела подобластей. На поверхности S задано разбиение $S=S_u\cup S_t\cup S_{fr}$ (части которого, не пересекаются), часть S_u закреплена, на S_t задан вектор напряжений, S_{fr} свободна от напряжений. На поверхности S_{fr} выделяется, часть S_0 свободная от напряжений и доступная для измерения вектора смещений ($S_0\subset S_{fr}$). Имеется система непересекающихся трещин $\Gamma=\bigcup_{q=1}^{M}\Gamma_q$, ($\Gamma_q=\Gamma_q^{(+)}\cup\Gamma_q^{(-)}$), которые расположены на внутренних поверхностях S_{int} (расслоения), рис.1. Краевая задача, в которой кроме определения характеристик НДС, требуется определить геометрию системы трещин Γ, формулируется следующим образом. Она состоит из уравнений линейной теории упругости [9] в случае установившихся колебаний:

$$\sigma_{ij,j}^{(k)}=-\rho\omega^2u_i^{(k)},\quad k=1,2,...,K\quad \underline{x}\in V_k, \tag{1}$$

$$\sigma_{ij}^{(k)}=c_{ijml}^{(k)}u_{m,l}^{(k)}; \tag{2}$$

граничных условий прямой задачи

$$u_i^{(k)}\,|_{S_u}=0,\ t_i^{(k)}\,|_{S_t}=\sigma_{ij}^{(k)}n_j\,|_{S_t}=p_i,\ t_i^{(k)}\,|_{S_{fr}}=0; \tag{3}$$

условий непрерывности на $S_{\text{int}}\setminus\Gamma$:

$$u_i^{(k)}\,|_{S_{\text{int}}\setminus\Gamma}=u_i^{(k+1)}\,|_{S_{\text{int}}\setminus\Gamma},\ t_i^{(k)}\,|_{S_{\text{int}}\setminus\Gamma}=t_i^{(k+1)}\,|_{S_{\text{int}}\setminus\Gamma}; \tag{4}$$

условий на берегах трещин:

$$t_i^{(k)}\,|_{\Gamma_q^{\pm}}=0,\quad q=1,2,...,M, \tag{5}$$

и дополнительных условий, отвечающих измерению вектора смещений на S_0:

$$u_i^{(k)}\,|_{S_0}=u_i^0, \tag{6}$$

где $\sigma_{ij}^{(k)}$, $c_{ijml}^{(k)}$ - компоненты тензоров напряжений и упругих постоянных; $u_i^{(k)}$ - компоненты вектора смещений; $\rho^{(k)}$, ω - плотность и круговая

частота колебаний; n_j - компоненты единичных векторов внешней нормали к соответствующим поверхностям.

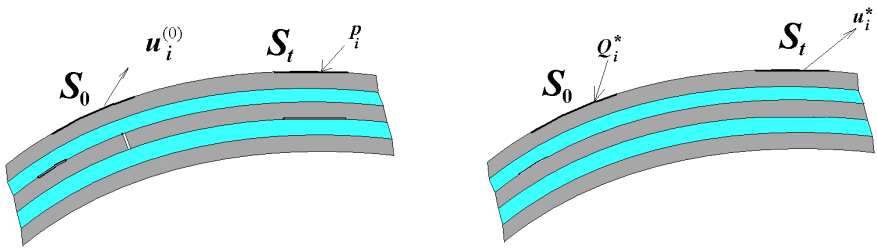


Рис. 1. Образец с дефектами и без дефектов

Замечание 1. На практике обычно задается не распределение вектора перемещений всюду на S_0, а значения перемещений в некотором наборе точек, соответствующих местам установки датчиков, причем аналог (5) имеет вид:

$$u_i^{(k)}(\underline{x}_m) = u_{im}^0, \quad \underline{x}_m \in S_0. \tag{7}$$

Вспомогательные задачи

Задача I. Рассмотрим краевую задачу I для тела V^1 без дефектов, тогда на внутренней поверхности S_{int} граничные условия будут соответствовать непрерывности векторов смещений и напряжений.

Эта задача состоит из дифференциальных уравнений движения (1),(2) относительно $u_i^{(k)*}$, $\underline{x} \in V_k$, граничных условий

$$u_i^{(k)*}|_{S_u} = 0, \;\; t_i^{(k)*}|_{S_t} = \sigma_{ij}^{(k)*} n_j|_{S_t} = 0, \tag{8}$$

$$t_i^{(k)*}|_{S_0} = \sigma_{ij}^{(k)*} n_j|_{S_0} = Q_i^*(\underline{x}, \underline{\xi}), \;\; \underline{x}, \underline{\xi} \in S_0 \tag{9}$$

и условий непрерывности на S_{int}:

$$u_i^{(k)*}|_{S_{\text{int}}} = u_i^{(k+1)*}|_{S_{\text{int}}}, \;\; t_i^{(k)*}|_{S_{\text{int}}} = t_i^{(k+1)*}|_{S_{\text{int}}}. \tag{10}$$

Задача II. Далее рассмотрим краевую задачу II для тела $V^2 = \bigcup_{k=1}^{K_1} V_k$, $K_1 < K$ при действии тех же нагрузок на S_0, причем поверхность $S_{\text{int}}^{K_1}$ для последнего слоя свободна от напряжений (рассмотрим вначале случай, когда внутри тела V^2 дефектов нет).

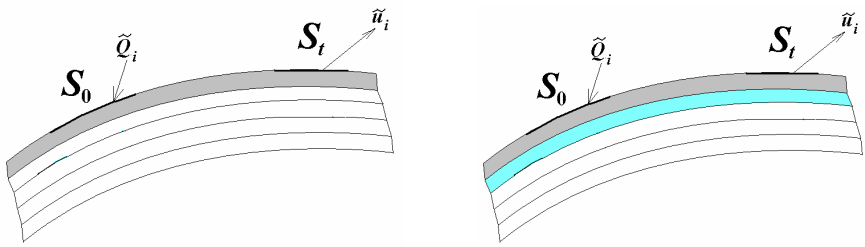


Рис. 2. Последовательность вспомогательных задач
(слева $K_1 = 1$; справа $K_1 = 2$)

Эта задача описывается дифференциальными уравнениями (1),(2) относительно $\tilde{u}_i$, $\underline{x} \in V^2$, граничными условиями вида

$$\tilde{u}_i \mid_{S_u} = 0, \ \tilde{t}_i \mid_{S_t} = \tilde{\sigma}_{ij} n_j \mid_{S_t} = 0 , \tag{11}$$

$$\tilde{t}_i \mid_{S_0} = \tilde{\sigma}_{ij} n_j \mid_{S_0} = \tilde{Q}_i (\underline{x}, \underline{\xi}), \ \ \underline{x}, \underline{\xi} \in S_0 , \tag{12}$$

а также условиями отсутствия нагрузок на $S_{\text{int}}^{K_1}$

$$\tilde{t}_i \mid_{S_{\text{int}}^{K_1}} = 0 . \tag{13}$$

Замечание 2. Зависимость функций $Q_i^*(\underline{x}, \underline{\xi})$, $\tilde{Q}_i (\underline{x}, \underline{\xi})$ и от $\underline{\xi}$ означает, что может быть рассмотрено некоторое однопараметрическое семейство, например

$$Q_i^* (\underline{x}, \underline{\xi}) = P_i^* \delta(\underline{x} - \underline{\xi}) \quad \tilde{Q}_i (\underline{x}, \underline{\xi}) = \tilde{P}_i \, \delta(\underline{x} - \underline{\xi}) . \tag{14}$$

Замечание 3. Методология построения ГИУ с помощью задачи II и не изменится, если тело V^2 будет содержать известные дефекты (возможно, найденные на предыдущем шаге).

Вывод ГИУ с помощью решения задачи I. Рассмотрим случай наличия расслоений и отсутствия разрывов. Предположим, что найдено решение классической задачи I и обозначим

$$u^{(k)*} \mid_{S_t} = \phi^* (\underline{x}, \underline{\xi}), \ \ \underline{x} \in S_t , \ \ \underline{\xi} \in S_0 .$$

Введем в рассмотрение оператор

$$G(\underline{u}^0, \underline{p}, \underline{\phi}^*, \underline{Q}^*) = \int_{S_0} u_i^0 (\underline{x}) Q_i^* (\underline{x}, \underline{\xi}) dS_x - \int_{S_t} \phi_i^* (\underline{x}, \underline{\xi}) p_i (\underline{x}) dS_x = G_1(\underline{\xi}) . \tag{15}$$

Применив к телам V и V^1 теорему взаимности работ [9] и учитывая условия непрерывности (4) на $S_{\text{int}} \setminus \Gamma$ и (10) на S_{int}, получим:

$$\int_{\Gamma} t_i^{(k)*} (\underline{x}, \underline{\xi}) \chi_i (\underline{x}) dS_x = G_1(\underline{\xi}) , \tag{16}$$

где $\chi_i(\underline{x})$ - скачки компонент вектора перемещений на трещинах, при этом на $S_{\text{int}} \setminus \Gamma$ этот скачки равны нулю. Обозначим:

$$\mathrm{X}_i (\underline{x}) = \begin{cases} \chi_i & при \ \ \underline{x} \in \Gamma \\ 0 & при \ \ \underline{x} \in S \setminus \Gamma . \end{cases}$$

Тогда соотношение (16) представляет собой систему интегральных уравнений (при интегрировании по известной поверхности S_{int}) относительно функций $\mathrm{X}_i(\underline{x})$, $\underline{x} \in S_{\text{int}}$:

$$\int_{S_{\text{int}}} t_i^{(k)*} (\underline{x}, \underline{\xi}) \mathrm{X}_i (\underline{x}) dS_x = G_1(\underline{\xi}) , \quad \underline{\xi} \in S_0 . \tag{17}$$

Уравнение (17) при различном выборе частот и фиктивных нагрузок может служить для реконструкции трещин, которые являются носителями для функций $\mathrm{X}_i(\underline{x})$.

Вывод ГИУ с помощью решения задачи II. Так же, как и в задаче I, рассмотрим случай наличия расслоений и отсутствия разрывов. Пусть вспомогательная задача II решена, обозначим

$$\tilde{u}^{(k)}\,|_{S_t} = \tilde{\phi}\ \ (\underline{x},\underline{\xi}),\ \ \underline{x}\in S_t,\ \ \underline{\xi}\in S_0\,.$$

Введем в рассмотрение оператор:

$$F(\underline{u}^0,\underline{p},\underline{\tilde{\phi}}\ ,\underline{\tilde{Q}}\ ) = \int\limits_{S_0} u_i^0(\underline{x})\tilde{Q}_i\ (\underline{x},\underline{\xi})dS_x - \int\limits_{S_t}\tilde{\phi}_i\ (\underline{x},\underline{\xi})p_i(\underline{x})dS_x = F_1(\underline{\xi})\,. \quad (18)$$

Рассмотрим тело, занимающее подобласть V^2, и применим к нему теорему взаимности работ [9]. Тогда получим, что

$$\int\limits_{S_{\text{int}}^{K_1}\setminus\Gamma}\tilde{u}_i^{(k)}(\underline{x},\underline{\xi})t_i^{(K_1)}(\underline{x})dS_x = F_1(\underline{\xi})\,. \quad (19)$$

Учитывая, что сомножители подынтегрального выражения в (19) определены всюду на $S_{\text{int}}^{K_1}$ и в силу (5)

$$t_i^{(K_1)}\,|_{\Gamma} = 0\,, \quad (20)$$

то соотношение (19) может быть представлено как система ГИУ по известной границе $S_{\text{int}}^{K_1}$:

$$\int\limits_{S_{\text{int}}^{K_1}}\tilde{u}_i^{(k)}(\underline{x},\underline{\xi})t_i^{(K_1)}(\underline{x})dS_x = F_1(\underline{\xi})\,,\qquad \underline{\xi}\in S_0\,. \quad (21)$$

При численной реализации решения системы ГИУ (21) в отличие от системы (17) основой идентификации трещин служат два свойства решения: соотношения (20) и сингулярное поведение компонент вектора напряжений на краях трещин.

Частотное сканирование и регистрация трещин. Если частота колебаний рассматриваемой конструкции не определяется технологическими условиями, то возможно расширение области определения функций, стоящих в левых и правых частях соотношений (17) и (21), на следующую частотную область:

$$\omega\in\Omega=\bigcup\nolimits_{n=1}^{N}\Omega_n\,,\qquad \Omega_n=[\omega_n^{(b)},\omega_n^{(e)}]\,,$$

где набор интервалов Ω_n выбирается из предварительного модального анализа конструкции без дефектов, и включает в себя такие формы колебаний, при которых происходит интенсивное раскрытие трещин (часто это моды растяжения-сжатия или сдвига в окрестности поверхности S_{int}, в то время, как изгибные моды менее чувствительны к наличию трещиноподобных дефектов).

Теперь система ГИУ (17) примет вид:

$$\int\limits_{S_{\text{int}}} t_i^{(k)*}(\underline{x},\underline{\xi},\omega)\mathrm{X}_i(\underline{x},\omega)dS_x = G_1(\underline{\xi},\omega)\,,\qquad \underline{\xi}\in S_0\,,\quad \omega\in\Omega\,, \quad (22)$$

поскольку носитель функций $\mathrm{X}_i(\underline{x},\omega)$ не зависит от ω, то решение уравнения (22) в наборе частот из Ω значительно повышает точность реконструкции трещин.

Отметим, что функция $G_1(\underline{\xi},\omega)$ равна тождественно нулю, если в теле отсутствуют трещины. Это обстоятельство дает простой способ регистрации наличия трещин в теле, причем и в том случае, когда

поверхность S_{int} заранее неизвестна. Для этого достаточно выбрать одну из схем нагружения в задаче I, например (9) при $\underline{\xi} = \underline{\xi}_k$, и построить зависимость:

$$G_2(\omega) = G_1(\underline{\xi}_k, \omega), \quad \omega \in \Omega,$$

по виду которой при знании точности измерений поля смещений u_i^0 из (6) и точности вычисления интегралов (15) можно судить о наличии трещин.

Аналогом системы (21) служит следующая система:

$$\int\limits_{S_{\text{int}}^{K_1}} \tilde{u}_i^{(k)}(\underline{x}, \underline{\xi}, \omega) t_i^{(K_1)}(\underline{x}, \omega) dS_x = F_1(\underline{\xi}, \omega), \quad \underline{\xi} \in S_0, \quad \omega \in \Omega, \tag{23}$$

где так же, как и в (22), принцип восстановления геометрии Γ не зависит от частоты ω.

Замечание 4. Отметим, что при выборе функций $\underline{Q}^*$, $\underline{\tilde{Q}}$ в рамках дискретной схемы их носители выбираются в точках измерения смещений x_m, благодаря чему интегралы в операторах (15), (18) вычисляются явно.

Численные примеры реконструкции трещин. В качестве первого примера применения предложенного метода рассмотрим схему [8], приводящую к уравнению (21) в задаче об идентификации двух трещин Γ_1=KL и Γ_2=MN, находящихся между слоями полупассивного биморфа, представляющего собой составной прямоугольник AOBCED (A(0;-0,03), O(0;0), B(0;0,03), C(0,1;0,03), E(0,1;0), D(0,1;-0,03), K(0,03;0), L(0,05,0), M(0,065;0), N(0,08;0) - размеры в метрах). Верхний слой OBCE выполнен из меди, нижний AOED - из пьезокерамики PZT-4. Задача решается в условиях плоской деформации, колебания (с частотой $f = \omega/(2\pi) = 20$ кГц) возбуждаются разностью потенциалов $V_0 = 1000$ В, подаваемой на электроды, находящиеся на сторонах OE и AD, сторона AB жестко защемлена, остальные внешние границы свободны от механических напряжений.

При проведении численных экспериментов решение прямой задачи и построение ядра уравнения (21) модальный анализ конструкций, решение задач для тел без дефектов и "измерение" полей смещений производилось с помощью конечно-элементного комплекса ACELAN [10]. Трещины моделировались отверстиями, у которых поперечный размер много меньше их длины (в расчетах их отношение имело порядок 10^{-7}), при этом предполагалось, что берега трещины не взаимодействуют между собой. На краю трещин конечно-элементная сетка сгущалась с помощью введения дополнительных узлов. В последней версии комплекса ACELAN разработан язык команд [11], позволяющий эффективно решать множественные задачи, такие как численное построение тензора Грина. Считалось, что сторона BC доступна для измерения вектора смещений и на ней было выбрано 39 внутренних равноотстоящих узлов, смещения которых моделировали процесс измерений. Частота, на которой проводился численный эксперимент, выбрана из соображений интенсивного раскрытия трещин на ней при отличии от собственной частоты краевой задачи II. В табл.1 представлены первые шесть

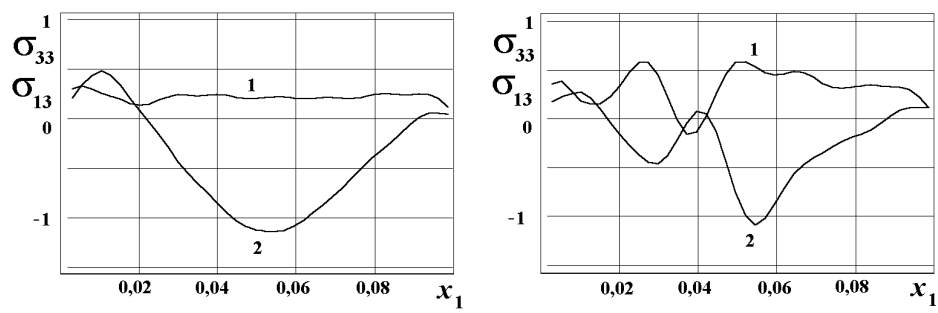
собственных резонансных частот, причем пятая частота для тела без трещины соответствует поперечному растяжению-сжатию в собственной форме колебаний вдоль линии стыковки материалов.

Таблица 1

Номер частоты	Без дефектов, кГц	Краевая задача II, кГц
1	2,851	1,721
2	9,194	7,946
3	9,858	9,575
4	19,01	17,51
5	22,32	27,18
6	24,16	27,88

Решение ГИУ (21) проводилось на основе идей метода граничных элементов. При его дискретизации использовалась кусочно-постоянная и непрерывная кусочно-линейная аппроксимация неизвестных. Численные эксперименты показали, что более предпочтительной является первая схема. Решение дискретного аналога уравнения (21) проводилось методом регуляризации А.Н.Тихонова [7], параметр регуляризации в случае $n = 40$ был равен 2×10^{-14} (n - число точек, в которых проводились "измерения").

На рис.3 изображены напряжения $\sigma_{33}(x_1, 0) \times 10^{-6}$ *н/м²* (кривые 1) и $\sigma_{13}(x_1, 0) \times 10^{-6}$ *н/м²* (кривые 2), найденные из решения обратной задачи, причем на рис.3,а прямая задача не содержала трещин, а рис.3,б - соответствует одной трещине KL. В численном эксперименте изучали влияние количества n входной информации на точность реконструкции трещин.



а) б)

Рис.3

На рис.4 изображены напряжения $\sigma_{33}(x_1, 0) \times 10^{-6}$ *н/м²* (кривые 1, 2) и $\sigma_{13}(x_1, 0) \times 10^{-6}$ *н/м²* (кривые 3, 4), причем кривые 2 и 4 представляют конечно-элементное решение прямой задачи с двумя трещинами KL и MN, а кривые 1, 3 найдены из решения обратной задачи при $n = 40$. Как видно из рис.3 и 4, концы трещин легко идентифицируются по экстремальным значениям напряжений при решении обратной задачи.

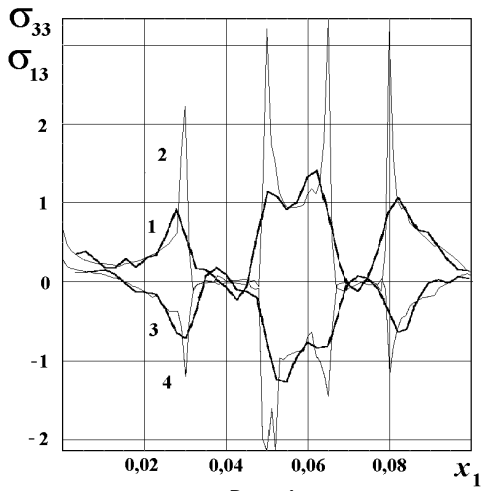


Рис. 4

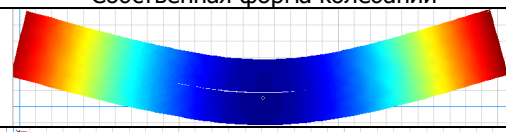
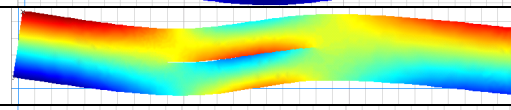
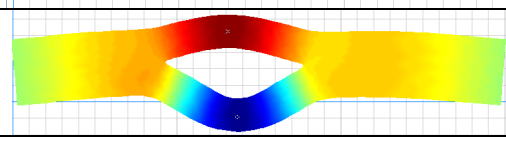
В табл.2 представлена относительная погрешность (в процентах) нахождения координат концов трещин x_K, x_L, x_M, x_N, когда шаг между точками "измерений" составлял 0,0025 *м* и они располагались в центре стороны BC.

Таблица 2

Число измерений n	x_K	x_L	x_M	x_N
10	5,0	6,4	3,8	5,5
20	4,2	3,6	2,0	3,3
30	4,2	2,5	1,9	3,1
40	4,2	2,5	1,9	3,1

Во втором примере идентифицируется интерфейсная трещина в свободной биморфной (Fe, Cu) пластине (0.3x0.04 *м*). В табл.3 представлены первые три собственных частоты и формы колебаний. Из этой таблицы следует, что частота в окрестности первой изгибной формы не подходит для эффективной реконструкции, при использовании второй собственной частоты главную роль играет горизонтальное смещение берегов трещины, а на третьей собственной частоте раскрытие трещины происходит по вертикали.

Таблица 3

Собственная частота в кГц		Собственная форма колебаний
1.82	Распределение вертикального смещения	
2.57	Распределение горизонтального смещения	
5.97	Распределение вертикального смещения	

Для реконструкции трещины использовалось уравнение (17) при его дискретизации неизвестных функций - скачков перемещений берегов трещины с помощью 10 кусочно-постоянных элементов. Так, на рис.5 представлены найденные скачки горизонтального смещения (слева) в окрестности второй собственной частоты (16000 рад/с) и вертикального смещения (справа) в окрестности третьей собственной частоты.

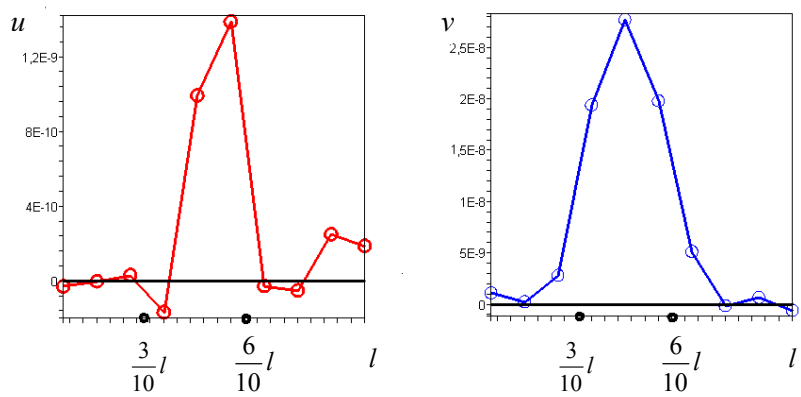


Рис.5

Проведенные численные эксперименты показали, что точность определения координат концов трещин в значительной мере зависит от расположения участка "измерения".

Авторы благодарят сотрудников кафедры математического моделирования ЮФУ - коллег по разработке пакета ACELAN, результаты которых использовались при проведении расчетов.

Библиографический список

1. Bannour T, Ben Abda A., Jaoua M. A semi-explicit algorithm for the reconstruction of 3D planar cracks. // Inverse Problem. 1997. V.13 – P. 899-917.

2. Ватульян А.О. Определение ориентации плоских трещин в упругом теле / А.О. Ватульян, А.Н. Соловьев // Теорет. и прикладная механика. – 2003. – Вып. 37. – С. 141-145.

3. Соловьев А.Н. Идентификация интерфейсной трещины. Современные проблемы МСС: тр. VIII международ. науч. конф. / А.Н. Соловьев. – Ростов н/Д. – 2002. – Т.1. – С 163-169.

4. Ватульян А.О. Об одном классе граничных задач в динамической теории упругости / А.О. Ватульян, И.И. Ворович, А.Н. Соловьев // ПММ. – 2000. – Т. 64, В. 3. – С. 373-380.

5. Weikl W., Andra H., Schnack E. An Alternating iterative algorithm for the reconstruction of internal cracks in a three-dimensional solid body. // Inverse Problem. 2001. V.17. P. 1957-1975.

6. Козлов В.А. Итерационный метод решения задачи Коши для эллиптических уравнений / В.А. Козлов, В.Г. Мазья, А.В. Фомин // ВМ и МФ. – 1991. – Т. 31. – С. 45-52.

7. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 285 с.

8. Ватульян А.О. Некоторые полуявные алгоритмы реконструкции интерфейсных трещин / А.О. Ватульян, А.Н. Соловьев // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. – 2003. – № 3. – С. 20-24.

9. Новацкий В. Теория упругости / В. Новацкий. – М.: Мир, 1975. – 872 с.

10. Белоконь А.В. Блочные схемы метода конечных элементов для динамических задач акустоэлектроупругости / А.В. Белоконь, В.А. Еремеев, А.В. Наседкин, А.Н. Соловьев // ПММ. – 2000. – Т. 64. – Вып. 3. – С.381-393.

11. Наседкин А.В. Разработка визуализации и управления в конечно-элементном комплексе ACELAN / А.В. Белоконь, А.Л. Петушков, А.Н. Соловьев // Зимняя школа по механике сплошных сред (тринадцатая). Школа молодых ученых по механике сплошных сред: тез. докл. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – С. 274.

Материал поступил в редакцию 11.02.09.

A.N. SOLOVIEV, A.S. SPOGAKIN, A.O. VATULYAN, S.N. SHEVTSOV

FLAW'S RECONSTRUCTION IN MULTI-LAYERS COMPOSITES

There are offered methods of faults reconstruction in stratified composites - stratifications (the interface flaws). Inverse geometrical problems of reconstruction of flaws are reduced to a solution of sequence of systems of the BIE obtained on the basis of reciprocity theorem of operations at established oscillations of expert samples. Solution BIE will be carried out on the basis of a combination of FEM, a method of BEM and a method of a regularization of A.N.Tihonov. As the additional information for a solution of inverse problems the field of displacement measured on a part of exterior boundary of a skew field, free from mechanical stress. Numerical examples of identification of stratifications and ruptures surveyed within the framework of a flat problem of theory of elasticity.

СОЛОВЬЕВ Аркадий Николаевич (р.1954), заведующий кафедрой «Сопротивление материалов» ДГТУ, доктор физико-математических наук (2005), профессор. Окончил Ростовский-на-Дону государственный университет (1976).
Имеет более 200 научных публикаций в области механики деформируемых твердых тел.

ВАТУЛЬЯН Александр Ованесович (р.1953), заведующий кафедрой теории упругости ЮФУ, доктор физико-математических наук (1993). Окончил механико-математический факультет РГУ (1975).
Научные направления: прямые и обратные задачи для моделей электроупругости и термоупругости, механика деформируемого твердого тела.

СПОЖАКИН Александр Сергеевич (р.1987), техник кафедры «Сопротивление материалов» ДГТУ. Окончил ДГТУ (2009).
Научные интересы связаны с механикой деформируемого тела.
Имеет 2 научные публикации.

ШЕВЦОВ Сергей Николаевич (р.1949), заведующий лабораторией «Машиностроение» ЮНЦ РАН, профессор кафедры «Авиастроение» ДГТУ, доктор технических наук (2000). Окончил Ростовский-на-Дону государственный университет (1974).
Область научных интересов: компьютерное моделирование динамических систем; механические колебания; механика гранулярных материалов.
Автор 200 научных работ.

soloviev@math.rsu.ru
vatulyan@math.rsu.ru

УДК 517.982.274+517.938

А.В.БРАТИЩЕВ

ХАОТИЧНОСТЬ КОММУТИРУЮЩИХ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕМ ДАНКЛА ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРОСТРАНСТВА АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Рассматривается оператор Данкла как частный случай оператора обобщенного дифференцирования Гельфонда- Леонтьева. Средствами теории последних описывается класс операторов, коммутирующих с оператором Данкла. Устанавливается гиперцикличность и хаотичность операторов этого класса.
***Ключевые слова**: обобщенная производная Гельфонда-Леонтьева; производная Данкла; коммутация операторов; операторы комплексной свертки; гиперциклические и хаотические операторы.*

Пусть $H(G)$ - пространство голоморфных в односвязной области $G \subseteq \mathbb{C}$ функций, наделенное топологией равномерной сходимости на компактах. В работе [1] развит гармонический анализ для оператора Данкла на пространстве $H(\mathbb{C})$ и установлена гиперцикличность и хаотичность линейных непрерывных в $H(\mathbb{C})$ операторов, которые коммутируют с оператором Данкла. В настоящей работе мы рассматриваем оператор Данкла как частный случай оператора обобщенного дифференцирования (ООД) Гельфонда-Леонтьева, что позволяет развить для него гармонический анализ на пространстве $H(G)$.

1. Под ООД понимается любой линейных непрерывный в $H(G)$ оператор D со свойством: $Dz^n = d_{n-1}z^{n-1},\ n \in \mathbb{N},\ D1 = 0$ [2]. Необходимо аналитическая в единичном круге $D(0,1)$ функция $d(z) \coloneqq \sum_{n=0}^{\infty} d_n z^n$ называется *порождающей функцией* оператора D. Согласно [2] непрерывность D равно сильна аналитическому продолжению $d\left(\frac{z}{t}\right)$ как функции двух переменных из точки $(0,\infty)$ в каждую односвязную область $G_n \times (\overline{G}_{N(n)})' \subset \mathbb{C} \times \overline{\mathbb{C}}$, где $\{G_n\}$ - последовательность исчерпывающих G ограниченных областей:

$$\ldots \subset\subset G_n \subset\subset G_{n+1} \subset\subset \ldots,\ N(n) > n,\quad \{N(n)\} \uparrow \infty.$$

Дифференциально-разностный оператор Данкла определяется по правилу:

$$\left[\Lambda_\alpha f\right](z) \coloneqq f'(z) + \frac{2\alpha+1}{2}\frac{f(z)-f(-z)}{z},\quad \alpha > -\frac{1}{2}.$$

Так как $\Lambda_\alpha z^n = nz^{n-1} + \frac{2\alpha+1}{2}(1-(-1)^n)z^{n-1}, \quad \Lambda_\alpha 1 = 0$, то

$$d(z) = \sum_{n=0}^{\infty}\left(n+1+\frac{2\alpha+1}{2}(1+(-1)^n)\right)z^n = \frac{1}{(1-z)^2} + \frac{2\alpha+1}{1-z^2}. \qquad (1)$$

Оператор Данкла естественнее назвать *дифференцированием (производной) Данкла*. Из определения следует, что односвязная область G необходимо должна быть центрально-симметричной. Она содержит начало координат. Действительно, соединим какие-либо две точки $z_0, -z_0 \in G$ ломаной $l \subset G$. В силу односвязности G ограниченные ломаной $l \bigcup (-l) \subset G$ компакты содержатся в ней. Нуль принадлежит одному из них.

$d(z)$ - рациональная функция с полюсами в точках $z = \pm 1$. Компакты $\overline{G}_n$ считаем центрально симметричными и содержащими 0. Так как $G_n \subset\subset G_{N(n)}$, то $\forall (z,t) \in G_n \times (\overline{G}_{N(n)})' \quad \frac{z}{t} \neq \pm 1$, поэтому Λ_α непрерывен и $H(G)$.

Докажем, что Λ_α имеет непрерывный линейный правый обратный оператор обобщенного интегрирования Гельфонда-Леонтьева, который естественно обозначить Λ_α^{-1}. Необходимо

$$\Lambda_\alpha^{-1} z^n = \frac{1}{d_n} z^{n+1} = \frac{1}{n+1+\frac{2\alpha+1}{2}(1+(-1)^n)} z^{n+1}, \ n = 0,1,....$$

Тогда порождающая функция оператора Λ_α^{-1} равна

$$d_1(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n+1+\frac{2\alpha+1}{2}(1+(-1)^n)} z^n = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2k+2} z^{2k+1} + \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2k+1+2\alpha+1} z^{2k} =$$

$$= \frac{1}{2(\alpha+1)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\alpha+1)_k}{(\alpha+2)_k} z^{2k} - \frac{\ln(1-z^2)}{2z} = \frac{1}{2(\alpha+1)} \cdot {}_2F_1(1,\alpha+1;\alpha+2;z^2) - \frac{\ln(1-z^2)}{2z},$$

где гипергеометрическая функция ${}_2F_1(1,\alpha+1;\alpha+2;z)$ имеет на своей римановой поверхности точки ветвления $0, 1, \infty$ [3]. Следовательно, $d_1\left(\frac{z}{t}\right)$ аналитически продолжается из $D_z(0,1) \times D_t(\infty,1)$ в каждую область $G_n \times (\overline{G}_{N(n)})'$, и поэтому Λ_α^{-1} расширяется до линейного непрерывного преобразования в $H(G)$.

Обобщенная экспонента дифференцирования Данкла Λ_α, определяемая из уравнения $[\Lambda_\alpha e](z) = e(z), \ e(0) = 0$, задается рядом

$e(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{d_0\ldots d_{n-1}}z^n$. В [1] она названа ядром Данкла, и там же вычислены ее тейлоровские коэффициенты:

$$e(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}z^n,$$

где $[.]$ - антье.

Покажем, что оператор дифференцирования Λ_α эквивалентен в пространстве $H(G)$ классическому оператору дифференцирования $\frac{d}{dz}$. Для этого нужно построить *оператор преобразования* Λ_α в $\frac{d}{dz}$, т.е. топологический изоморфизм в $H(G)$ со свойством $J\circ\Lambda_\alpha=\frac{d}{dz}\circ J$. Определим на пространстве степеней диагональный оператор

$$Jz^n:=\frac{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}{\Gamma(\alpha+1)\,n!}z^n,\quad n=0,1,\ldots\cdot$$

Его порождающая функция равна

$$d_J(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}{\Gamma(\alpha+1)\,n!}z^n=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{2^{2k}k!\,\Gamma(\alpha+1+k)}{\Gamma(\alpha+1)\,(2k)!}z^{2k}+$$

$$+\sum_{n=0}^{\infty}\frac{2^{2k+1}k!\,\Gamma(\alpha+1+k+1)}{\Gamma(\alpha+1)\,(2k+1)!}z^{2k+1}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1+k)}{\Gamma(\alpha+1)\cdot\left(\frac{1}{2}\right)_k}z^{2k}+$$

$$+2\cdot\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+2+k)}{\Gamma(\alpha+1)\cdot\left(\frac{3}{2}\right)_k}z^{2k+1}={}_2F_1\left(1,\alpha+1;\frac{1}{2};z^2\right)+2(\alpha+1)z\cdot{}_2F_1\left(1,\alpha+2;\frac{3}{2};z^2\right)\cdot$$

По тем же причинам, что и выше, J расширяется до непрерывного преобразования в $H(G)$.

Рассмотрим теперь диагональный оператор:

$$J^{-1}z^n:=\frac{\Gamma(\alpha+1)\,n!}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}z^n,\quad n=0,1,\ldots.$$

$$d_{J^{-1}}(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)\,n!}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}z^n=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)\,(2k)!}{2^{2k}k!\Gamma(\alpha+1+k)}z^{2k}+$$

$$+\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)(2k+1)!}{2^{2k+1}k!\Gamma(\alpha+2+k)}z^{2k+1}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)\cdot\left(\frac{1}{2}\right)_k}{\Gamma(\alpha+1+k)}z^{2k}+\sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)\cdot\left(\frac{3}{2}\right)_k}{\Gamma(\alpha+2+k)}z^{2k+1}=$$

$$={}_2F_1\left(1,\frac{1}{2};\alpha+1;z^2\right)+\frac{1}{2(\alpha+1)}z\cdot{}_2F_1\left(1,\frac{3}{2};\alpha+2;z^2\right),$$

то есть J^{-1} также расширяется до линейного непрерывного преобразования в $H(G)$.

Так как для $n=0,1,\ldots$

$$J^{-1}\circ\frac{d}{dz}\circ Jz^n:=\frac{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\Gamma(\alpha+1+k)}{(k-1)!\Gamma(\alpha+1+)}J^{-1}n\cdot z^{n-1}=$$

$$\begin{cases}0, & n=0\\ \dfrac{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}{\Gamma(\alpha+1)n!}\dfrac{\Gamma(\alpha+1)(n-1)!}{2^{n-1}\left[\frac{n-1}{2}\right]!\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n}{2}\right]\right)}z^{n-1}, & n\in\mathbb{N}\end{cases}=$$

$$\begin{cases}0, & n=0\\ 2k\,z^{2k-1}, & k\in\mathbb{N}\\ 2(\alpha+1+k)z^{2k}, & k=0,1,\ldots\end{cases}=\begin{cases}0, & n=0\\ (n+\dfrac{2\alpha+1}{2}(1-(-1)^n))z^{n-1}k\in\mathbb{N}, & n\in\mathbb{N},\end{cases}$$

то $\Lambda_\alpha=J^{-1}\circ\dfrac{d}{dz}\circ J$ на $H(G)$. Таким образом, Λ_α эквивалентен $\dfrac{d}{dz}$ в $H(G)$.

Замечание. Сопряженный с диагональным оператором J оператор J' непрерывен в $H_0(G'):=\left\{F(t)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f_n}{t^{n+1}}:\ F(t)\in H(G'),\ F(\infty)=0\right\}$ и действует по правилу $[J'F](t)=\sum_{n=0}^{\infty}\dfrac{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}{\Gamma(\alpha+1)\,n!}\dfrac{f_n}{t^{n+1}}$. Это следует из определения сопряженного оператора.

2. Опишем класс линейных непрерывных в $H(G)$ операторов, коммутирующих с дифференцированием Данкла. Из равенства $\Lambda_\alpha = J^{-1} \circ \frac{d}{dz} \circ J$ получаем:

$$L\Lambda_\alpha = \Lambda_\alpha L \quad \Leftrightarrow \quad LJ^{-1}\frac{d}{dz}J = J^{-1}\frac{d}{dz}JL \quad \Leftrightarrow \quad \left(JLJ^{-1}\right)\frac{d}{dz} = \frac{d}{dz}\left(JLJ^{-1}\right).$$

Таким образом, задача сводится к описанию линейных непрерывных в $H(G)$ операторов, коммутирующих с классическим дифференцированием.

Теорема 1. Равносильны утверждения:

1) отображение, определенное на последовательности степеней $\{z^n\}$ по правилу $[Lt^n](z) := \sum_{k=0}^{n} C_n^k a_k z^{n-k}$, расширяется до линейного непрерывного преобразования в $H(G)$;

2) символ линейного непрерывного в $H(G)$ оператора L $\frac{\left[Le^{\lambda t}\right](z)}{e^{z\lambda}}$ является независящей от z целой функцией экспоненциального типа $a(z) := \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n!}\lambda^n$, и $\forall n \in \mathbb{N} \ \exists N(n) > n$ функция двух переменных $z \in D(z_0, \varepsilon) \subset G_n$, $z \in D(z_0, \varepsilon) \subset G_n$ $A(t-z) := \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{(t-z)^n}$ аналитически продолжается в односвязную область $\overline{G}'_{N(n)} \times G_n \subset \overline{\mathbb{C}} \times \mathbb{C}$. Тем самым L представляется в виде *оператора комплексной свертки:*

$$[Ly](z) := \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma G_{N(n)+1}} y(t)A(t-z)dt;$$

3) линейный непрерывный оператор L в $H(G)$ коммутирует с $\frac{d}{dz}$ на последовательности степеней $\{z^n\}$.

Доказательство. 2) $\Rightarrow$ 1). $[Lt^n](z) :=$

$$:= \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=R} t^n \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{a_k}{(t-z)^{k+1}} dt = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \frac{1}{2\pi i} \int_{|t|=R} \frac{t^n}{(t-z)^{k+1}} dt = \sum_{k=0}^{n} a_k \frac{1}{k!} \frac{n!}{(n-k)!} z^{n-k}.$$

1) $\Rightarrow$ 3). Действительно,

$$(Lz^n)' := \sum_{k=0}^{n-1} (n-k) C_n^k a_k z^{n-k-1} = n \sum_{k=0}^{n-1} C_{n-1}^k a_k z^{n-k-1} =: n\,Lz^{n-1} = L(z^n)'.$$

3) $\Rightarrow$ 2). Заметим, что из полноты системы степеней $\{z^n\}$ в $H(G)$ и непрерывности L следует коммутация $L\dfrac{d}{dz}=\dfrac{d}{dz}L$ на всем $H(G)$. Так как $(Lt^n)^{(n+1)}=0$, то $[Lt^n](z)$ есть многочлен степени $\le n$. Обозначая $a_n:=[Lt^n](0)$, имеем:

$$[Lt^n](z)(z)=\sum_{k=0}^{n}\frac{1}{k!}[Lt^n](z)^{(k)}(0)z^k=\sum_{k=0}^{n}\frac{n!}{k!(n-k)!}[Lt^{n-k}](z)(0)z^k=\sum_{k=0}^{n}C_n^k a_k z^{n-k}.$$

Так как оператор сдвига $S:H(G)\to H(G-z_0),\ z_0\in G,\ [Sf(t)](z):=f(z+z_0)$ и обратный к нему коммутируют с $\dfrac{d}{dz}$, то без потери общности можно предполагать $0\in G$.

Согласно [4] имеем такое интегральное представление:

$$[Ly](z):=\frac{1}{2\pi i}\int_{\Gamma G_{N(n)+1}} y(t)k(t,z)dt,$$

где ядро $k(t,z)$ есть голоморфная функция двух переменных на каждой односвязной области $\bar{G}'_{N(n)}\times G_n$. Функция двух переменных $\left[Le^{\lambda t}\right](z)$ является аналитической по $\lambda\in\mathbb{C}$ (по теореме о производной интеграла по параметру) и по $z\in G_n$. При этом она является целой функцией экспоненциального типа по λ как обратное преобразование Бореля по t от ядра $k(t,z)$. Ее разложение в ряд Тейлора в окрестности точки (0, 0)

$$\left[Le^{\lambda t}\right](z)=\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{m!n!}\frac{\partial^{m+n}\left[Le^{\lambda t}\right]}{\partial\lambda^m\partial z^n}(0,0)\lambda^m z^n=\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{[Lt^m](0)}{m!n!}\lambda^m(\lambda z)^n=$$

$$=\sum_{m=0}^{\infty}\frac{a_m}{m!}\lambda^m\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{n!}(\lambda z)^n=:a(\lambda)e^{\lambda z}.$$

Отсюда и из сделанного выше замечания следует, что $a(\lambda)$ есть целая функция экспоненциального типа.

Применим к полученной функции прямое преобразование Бореля:

$$k(t,z)=\int_0^{\infty}e^{-t\lambda}a(\lambda)e^{\lambda z}d\lambda=\int_0^{\infty}e^{-(t-z)\lambda}a(\lambda)d\lambda=:A(t-z),$$

где $A(t)$ - преобразование Бореля функции $a(\lambda)$.

Теорема доказана.

Замечание. Теорема, в частности, решает задачу представления класса линейных непрерывных операторов в $H(G)$, коммутирующих с оператором дифференцирования, поставленную в ([5] с.137). Причина столь долгого ее «решания» состоит в том, что ядро оператора комплексной свертки

$A(t)$ оказывается, вообще говоря, неоднозначной аналитической функцией при ее продолжении в области $\overline{G}'_{N(n)} - G_n$. Об этом свидетельствует нижеприведенный пример.

Пример. Положим $G := \bigcup_{n=0}^{\infty} D(n;1,5)$. Это неограниченная односвязная область, и ее «сумматор» $S(G) := \{z \in G : G + z \subset G\} = \{0,1,...\}$. Положим $A(t) := \ln\left(1 - \frac{1}{t}\right)$, $A(\infty) := 0$ в $\overline{\mathbb{C}} \backslash [0,1]$. Точки $0, 1$ являются для $A(t)$ точками ветвления, и потому она не продолжается до однозначной аналитической функции в проколотую окрестность, например, точки 0. С другой стороны, $\forall G_n \subset G$ и $N(n) := n+1$ функция $A(t-z) := \ln\left(1 - \frac{1}{t-z}\right)$ аналитически продолжается из $D_t(\infty, R) \times D_z(0, \varepsilon)$ в каждую область $\overline{G}'_{n+1} - G_n$. Поэтому оператор комплексной свертки

$$[Ly](z) := \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma G_{n+1}} y(t) \ln\left(1 - \frac{1}{t-z}\right) dt$$

непрерывен в $H(G)$. На подпространстве целых функций он представим в виде дифференциального оператора бесконечного порядка с постоянными коэффициентами $[Ly](z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{-1}{(k+1)!} y^{(k)}(z)$.

В доказательстве аналогичной теоремы для производной Данкла нам понадобится

Лемма. Обобщенная экспонента $e(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(\alpha+1)}{2^n \left[\frac{n}{2}\right]! \Gamma\left(\alpha + 1 + \left[\frac{n+1}{2}\right]\right)} z^n$ дифференцирования Данкла Λ_α имеет такое интегральное представление

$$e(z) = \frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(1/2)\Gamma(\alpha+1/2)} \int_0^1 (1-x^2)^{\alpha - 1/2} \left((1+x)e^{xz} + (1-x)e^{-xz}\right) dx,$$

и является целой функцией экспоненциального типа с сопряженной диаграммой $[-1,1]$ [6].

Доказательство. Ее преобразование Бореля

$$E(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(\alpha+1)\, n!}{2^n \left[\frac{n}{2}\right]! \Gamma\left(\alpha + 1 + \left[\frac{n+1}{2}\right]\right)} \frac{1}{t^{n+1}} =$$

$$= \frac{1}{t}\,{}_2F_1\left(1,\frac{1}{2},\alpha+1,\frac{1}{t^2}\right) + \frac{1}{2(\alpha+1)t^2}\,{}_2F_1\left(1,\frac{3}{2},\alpha+2,\frac{1}{t^2}\right) =$$

$$= \frac{1}{t}\frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(1/2)\Gamma(\alpha+1/2)}\int_0^1 \frac{u^{-\frac{1}{2}}(1-u)^{\alpha-\frac{1}{2}}}{1-\frac{u}{t^2}}du + \frac{1}{2(\alpha+1)t^2}\frac{\Gamma(\alpha+2)}{\Gamma(3/2)\Gamma(\alpha+1/2)}\int_0^1 \frac{u^{\frac{1}{2}}(1-u)^{\alpha-\frac{1}{2}}}{1-\frac{u}{t^2}}du =$$

$$= \frac{2\cdot\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(1/2)\Gamma(\alpha+1/2)}\left[t\cdot\int_0^1 \frac{(1-x^2)^{\alpha-\frac{1}{2}}}{t^2-x^2}dx + \int_0^1 \frac{x^2(1-x^2)^{\alpha-\frac{1}{2}}}{t^2-x^2}dx\right] =: C_0\int_0^1 \frac{(t+x^2)(1-x^2)^{\alpha-\frac{1}{2}}}{t^2-x^2}dx$$

по свойству гипергеометрической функции аналитично вне $[-1,1]$. Откуда $e(z)$ есть целая функция экспоненциального типа с сопряженной диаграммой в отрезке $[-1,1]$.

$$e(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C e^{zt}E(t)dt = C_0\int_0^1 (1-x^2)^{\alpha-\frac{1}{2}}\frac{1}{2\pi i}\int_C e^{zt}\frac{t+x^2}{t^2-x^2}dt\,dx =$$

$$= \frac{1}{2}C_0\int_0^1 (1+x)^{\alpha+\frac{1}{2}}(1-x)^{\alpha-\frac{1}{2}}e^{xz}dx + \frac{1}{2}C_0\int_0^1 (1-x)^{\alpha+\frac{1}{2}}(1+x)^{\alpha-\frac{1}{2}}e^{-xz}dx =$$

$$= \frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(1/2)\Gamma(\alpha+1/2)}\int_0^1 (1-x^2)^{\alpha-1/2}\left((1+x)e^{xz}+(1-x)e^{-xz}\right)dx.$$

Остается оценить рост последнего интеграла снизу на лучах $\arg z = 0,\pi$.

Лемма доказана.

Назовем, следуя [7], обобщенным преобразованием Бореля, порожденным обобщенной экспонентой $e(z)$, правило, сопоставляющее функции экспоненциального типа $f(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f_n}{n!}z^n$ аналитическую в окрестности бесконечности функцию $\left[B_e f\right](t) := \sum_{n=0}^{\infty}\frac{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}{\Gamma(\alpha+1)\,n!}\frac{f_n}{t^{n+1}} \equiv \left[(J'\circ B)f\right](t),$

где $\left[Bf\right](t) := \sum_{n=0}^{\infty}\frac{f_n}{t^{n+1}}$ - классическое преобразование Бореля. Обратное обобщенное преобразование Бореля [8], порожденное обобщенной экспонентой $e(z)$, сопоставляет аналитической в окрестности бесконечности функции $F(t)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f_n}{t^{n+1}}$ целую функцию экспоненциального типа

$$\left[B_e^{-1}F\right](z) := \sum_{n=0}^{\infty}\frac{\Gamma(\alpha+1)}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}f_n z^n = \frac{1}{2\pi i}\int_C e(zt)F(t)dt.$$

Теорема 2. Равносильны утверждения:

1) отображение, действующее на последовательности степеней $\{z^n\}$ по правилу

$$L\left[\frac{n!\,\Gamma(\alpha+1)}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}t^n\right](z) :=$$

$$:= \sum_{k=0}^{n} C_n^k a_k \frac{(n-k)!\,\Gamma(\alpha+1)}{2^{n-k}\left[\frac{n-k}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n-k+1}{2}\right]\right)} z^{n-k},$$

расширяется до линейного непрерывного преобразования в $H(G)$;

2) для линейного непрерывного в $H(G)$ оператора L: $\left[Le(\lambda t)\right](z) \equiv a(\lambda)e(\lambda z)$, $a(\lambda) := \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n!}\lambda^n$ - есть целая функция экспоненциального типа, и $\forall n \in \mathbb{N}\ \ \exists N(n) > n$ функция двух переменных $z \in D(z_0,\varepsilon) \subset G_n,\ t \in D(\infty,R) \subset \overline{G}'_{N(n)}$ $\qquad A(t-z) := \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{(t-z)^n}$ аналитически продолжается в односвязную область $\overline{G}'_{N(n)} \times G_n \subset \overline{\mathbb{C}} \times \mathbb{C}$. Такой оператор L представим в виде обобщенной комплексной свертки

$$[Ly](z) := \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma G_{N(n)+1}} y(t)\left[B_e a(\lambda)e(\lambda z)\right](t,z)dt;$$

3) линейный непрерывный оператор L в $H(G)$ коммутирует с Λ_α на последовательности степеней $\{z^n\}$.

Доказательство. 2) $\Rightarrow$ 1).

$$L\left[\frac{n!\,\Gamma(\alpha+1)}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)}t^n\right](z) :=$$

$$:= \frac{1}{2\pi i}\int_{|t|=R} \frac{n!\,\Gamma(\alpha+1)}{2^n\left[\frac{n}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n+1}{2}\right]\right)} t^n\left[B_e a(\lambda)e(\lambda z)\right](t)dt =$$

$$= \left[\frac{1}{2\pi i}\int_{|t|=R} e(t\zeta)\cdot\left[B_e a(\lambda)e(\lambda z)\right](t)dt\right]_{\zeta=0}^{(n)} =$$

$$= \left[a(\zeta)e(\zeta z)\right]_{\zeta=0}^{(n)} = \sum_{k=0}^{\infty} C_n^k a^{(k)}(0) z^{n-k} e^{(n-k)}(0) =$$

$$= \sum_{k=0}^{n} C_n^k \frac{(n-k)!\,\Gamma(\alpha+1)}{2^{n-k}\left[\frac{n-k}{2}\right]!\,\Gamma\left(\alpha+1+\left[\frac{n-k+1}{2}\right]\right)} a_k z^{n-k}.$$

1) $\Rightarrow$ 3) доказывается по той же схеме, что и в теореме 1.

3) $\Rightarrow$ 2). Воспользуемся теоремой Гурвица о сложении особенностей [9]. При фиксированном $z_0 \in G_n$ функция экспоненциального типа $e(z_0\lambda)$ согласно лемме имеет сопряженную диаграмму $[-z_0, z_0]$. По условию функция $A(t)$ аналитически продолжается в область $\overline{G}'_{N(n)} - G_n$, дополнение которой является звездным множеством. Тогда по теореме Гурвица функция $\left[Ba(\lambda)e(\lambda z_0)\right](t)$ аналитически продолжается в область

$$\left(\left(\overline{G}'_{N(n)} - G_n\right)' + [-z_0, z_0]\right)' = \left(\bigcap_{z\in G_n}\left(\overline{G}_{N(n)} - z\right) + [-z_0, z_0]\right)' =$$

$$= \left(\left\{z : z + G_n \subseteq \overline{G}_{N(n)}\right\} + [-z_0, z_0]\right)' \supseteq \overline{G}'_{N(n)}.$$

В силу сделанного выше замечания об операторе J' туда же будет продолжаться и функция $\left[B_e a(\lambda)e(\lambda z_0)\right](t) = \left[(J' \circ B)\, a(\lambda)e(\lambda z_0)\right](t)$. Поэтому она удовлетворяет условию на ядро линейного непрерывного оператора в $H(G)$. Так как $\left[B_e^{-1}k(t,z)\right](z) = \left[Le(\lambda t)\right](z) \equiv a(\lambda)e(\lambda z)$, то

$$k(t,z) \equiv \left[B_e a(\lambda)e(\lambda z)\right](t).$$

Теорема доказана.

Замечание. Обобщенное преобразование Бореля (называемое $B_{\rho,1}$-преобразованием), порожденное функцией Миттаг-Леффлера $e(z) = E_\rho(z)$, было введено в [10]. Для него аналогичный по форме оператор обобщенной комплексной свертки ранее рассматривался в [11].

3. Напомним ряд понятий динамической теории [12], [13]. Пусть L есть линейное непрерывное преобразование локально выпуклого пространства E. *Орбитой элемента* $x \in E$ называется последовательность $Orb(L,x) := \{x, Lx, L^2x, \ldots\}$. Элемент x называется *циклическим* (*гиперциклическим*) для L, если $Orb(L,x)$ полна (плотна) в E. Преобразование L называется *циклическим* (*гиперциклическим*), если оно имеет циклический (гиперциклический) элемент. Элемент $x \in E$ называется *периодическим* для преобразования L, если $\exists n \in \mathbb{N}\ \ L^n x = x$. Преобразование L на-

зывается *хаотическим*, если оно имеет плотное в E множество периодических элементов.

Теорема 3. Пусть L есть линейное непрерывное не скалярно кратное тождественному преобразование пространства $H(G)$, где G есть звездная центрально-симметричная область в $\mathbb{C}$, и $L\Lambda_\alpha = \Lambda_\alpha L$ на $H(G)$. Тогда L имеет инвариантное относительно Λ_α гиперциклическое многообразие, которое плотно в $H(G)$. L является также хаотическим.

Доказательство. В силу эквивалентности операций дифференцирования Λ_α и $\dfrac{d}{dz}$ достаточно доказать эту теорему для последнего.

Схема доказательства совпадает с таковой для преобразований в $H(\mathbb{C}^n)$ [12] и также опирается на следующую версию для пространства Фреше следствия 1.5 этой статьи:

«Пусть для линейного непрерывного преобразования L пространства Фреше E последовательность $\{L^n\}$ поточечно сходится к нулю на некотором плотном в E подмножестве V. Если существуют плотное подмножество $W \subset E$ и отображение $S: W \to W$ такие, что TS тождественно на W и $\{S^n\}$ поточечно сходится к нулю на W, то преобразование L гиперциклическое на пространстве E».

В силу условия характеристическая функция $a(\lambda)$ непостоянна, и потому множества $A := \{z : |a(z)| < 1\}, B := \{z : |a(z)| > 1\}$ открыты в $\overline{\mathbb{C}}$. Поэтому подпространства $V := span\{e^{\lambda z} : \lambda \in A\}, \quad W := span\{e^{\lambda z} : \lambda \in B\}$ плотны в $H(G)$. Отображение $S(e^{\lambda z}) := \dfrac{1}{a(\lambda)} e^{\lambda z}$ продолжается по линейности на все W. Напомним, что $[Le^{\lambda t}](z) = a(\lambda)e^{\lambda z}$. Каждая гиперциклическая функция f преобразования L порождает плотное в $H(G)$ гиперциклическое многообразие $\{[p(L)](f) : \ p - \text{многочлен}\}$.

Докажем хаотичность. Будем искать периодические для L функции вида $e^{\lambda z}$. Имеем импликацию:

$$[L^n e^{\lambda t}](z) - e^{\lambda z} = (a^n(\lambda) - 1)e^{\lambda z} = 0 \quad \Rightarrow \quad a(\lambda) = \exp\left\{\frac{2\pi k}{n} i\right\}, \quad n \in \mathbb{N} \ k = 0,..,n-1 \cdot$$

Так как множество $\Lambda := \{\lambda : \ \exists n \in \mathbb{N} \ , k \le n-1 \quad a(\lambda) = \exp\left\{\dfrac{2\pi k}{n} i\right\}\}$ имеет предельную конечную точку, то по теореме единственности подпространство периодических функций $span\{e^{\lambda z} : \lambda \in \Lambda\}$ плотно в $H(G)$. То есть преобразование L хаотическое.

Теорема доказана.

Библиографический список

1. J.J. Betancor, M. Sifi, K. Trimeche Hypercyclic and chaotic convolution operators associated with the Dunkl operator on $\mathbb{C}$// Acta Math. Hungar., 106(1-2) (2005), 101-116.
2. Братищев А.В. Об одном диагональном операторе / А.В. Братищев, А.В. Моржаков // Интегро-дифференциальные операторы и их приложения: сб.статей. – Вып.8. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ. – 2008. – С. 32-37.
3. Бейтман Г. Эрдейи А. Высшие трансцендентные функции. Т.1. – М.: Наука. – 1973. Bateman H., Erdeeyi A. Higher transcendental functions. V. 1. N.-Y.: MC Graw-Hill Book Company. – 1953. – С.1-296.
4. Köthe G. Dualitat in der Funktionentheorie. // J. reine angew. math., Bd. 191 1953). – S. 30-49.
5. Коробейник Ю.Ф. Операторы сдвига на числовых семействах / Ю.Ф. Коробейник. – Ростов н/Д: ИРУ, 1983. – С. 1-160.
6. Левин Б.Я. Распределение корней целых функций / Б.Я. Левин. – М.: ГИТТЛ, 1956. – С. 1-632.
7. Братищев А.В. Описание обобщенного преобразования Бореля, сохраняющего теорему Пойа / А.В. Братищев// Вестник ДГТУ. – 2001. – Т.1. – № 1. – С. 85-88.
8. Евграфов М.А. Обобщенное преобразование Бореля / М.А. Евграфов// Препринт №35. – М.: ИПМ АН СССР, 1976. – 57 с.
9. Бибербах Л. Аналитическое продолжение / Л. Бибербах. – М.: Наука, 1967. – С. 1-240.
10. Джрбашян М.М. Интегральные преобразования и представления функций в комплексной плоскости / М.М. Джрбашян. – М.: Наука, 1966. – 672 с.
11. Епифанов О.В. Однородное уравнение типа свертки в пространстве аналитических функций/ О.В. Епифанов // Известия АН СССР. Сер. Матем. – Т. 49. – №4. – С. 766-783.
12. G. Godefroy, G.H. Shapiro Operators with dense , invariant cyclic vector manifolds, J. Funct. Analysis, 98 (1991), 229-269.
13. R.L. Devaney "An Introduction to Chaotic Dynamical Systems", 2nd ed., Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.

Материал поступил в редакцию 04.03.09.

A.V. BRATISHCHEV

CHAOTIC COMMUTATING WITH THE DUNKL DIFFERENTIATION LINEAR OPERATORS ON THE SPACE OF ANALYTIC FUNCTIONS

We give representation of linea continuous operator, commutating with Dankle differentiation. These operators turn out to be chaotic and hypercyclic.

БРАТИЩЕВ Александр Васильевич (р.1949), профессор кафедры математики ДГТУ, доктор физико-математических наук (1998), профессор (2001). Окончил механико-математический факультет Ростовского-на-Дону государственного университета (1971).
Научные интересы: теория функций, функциональный анализ в локально выпуклых пространствах, теория управления.
Автор 90 научных работ в отечественной и зарубежной печати.

avbratishchev@dstu.edu.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.94:621.78

А.А.ЛАВРЕНТЬЕВ, И.Е.РОГОВ, С.Д.АНИСИМОВ, В.С.КОВАЛЕВА

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ УПРОЧНЕНИИ

Проведены экспериментальные исследования распределения физико-механических и электромагнитных свойств по толщине изделия. Определены стандартизованные эпюры распределения свойств изделия. Определяются параметры имитационной модели многослойной проводящей ферромагнитной среды для получения оптимальной точности моделирования.
Ключевые слова: *имитационная модель, упрочненный слой, образец.*

Введение. Любая поверхностная обработка материала подразумевает некоторое изменение его свойств в поверхностном слое определенной толщины по отношению ко всему оставшемуся объему основного материала. Однако резкой границы перехода от упрочненного слоя к неупрочненной основе не существует. Свойства самого упрочненного слоя также могут изменяться по глубине, так как любая поверхностная обработка действует с поверхности изделия вглубь.

С целью изучения распределения электромагнитных и физико-механических свойств по толщине поверхностно упрочненного изделия были проведены следующие исследования.

Экспериментальные исследования. Измерения распределения электромагнитных свойств 18 образцов из стали 40ХНМА, упрочненных наклепом, по глубине, а также толщины упрочненного слоя производились при послойном стравливании участка наклепанного образца изделия с последующим измерением ЭДС электромагнитного преобразователя на образце. Поскольку как электромагнитные, так и физико-механические свойства изделия определяются его структурой, можно считать, что изменяющимся по толщине образца электромагнитным свойствам соответствует упрочненный слой, физико-механические свойства которого изменяются. При достижении неупрочненной основы изменение электромагнитных свойств изделия так же, как и физико-механических, прекращается.

Толщина снятого слоя определялась микрометром относительно базовой плоскости 4 – торцевой поверхности специальной цилиндрической вставкой 3, приклеенной с внутренней стороны образца 1 (рис.1). Образец погружался в электролит таким образом, чтобы базовая поверхность оставалась не погруженной.

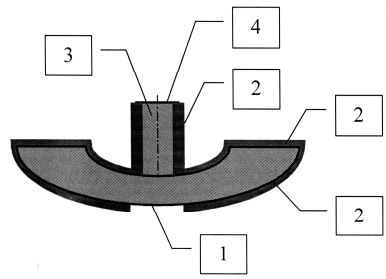


Рис.1. Конфигурация образца, подвергаемого травлению

Остальная часть образца (кроме исследуемого участка поверхности 1), покрывалась кислото- и теплостойким лаком 2. Каждый раз после снятия очередного слоя металла температура образца стабилизировалась в водяной ванне, что исключало влияние колебаний температуры образца на сигнал электромагнитного преобразователя. После чего измерялся сигнал накладного П-образного датчика, включенного по схеме (рис.2), где Г – синусоидальный генератор частотой 20 кГц; $Д_1$ и $Д_2$ – датчики, включенные по дифференциальной схеме; Ф – измеритель разности фаз; V – вольтметр.

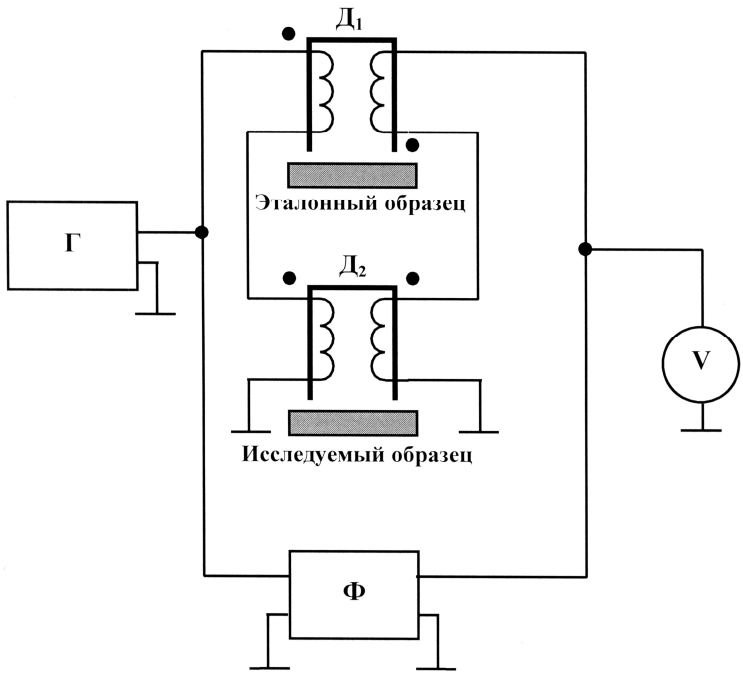


Рис.2. Функциональная схема измерения АФЧХ образцов

Проведенные измерения позволили получить зависимость комплексного напряжения $\dot{U}_i$ ($\dot{U}_i = U_i \cdot \cos\varphi_i + j \cdot U_i \cdot \sin\varphi_i$, где U – измеренное напряжение и φ – сдвиг фаз между сигналами генератора и датчика) от толщины стравленного слоя. По данным измерений строился график $\dot{U}_i = f(h)$, отображающий изменение сигнала электромагнитного преобразователя по глубине упрочненного слоя. Поскольку влияние остальных факторов было исключено, электромагнитный сигнал в этом случае зависел от магнитной проницаемости μ и электропроводности σ тонкого поверхностного слоя исследуемого образца.

Примеры экспериментально полученных графиков зависимостей $\dot{U}_i = f(h)$ приведены на рис.3.

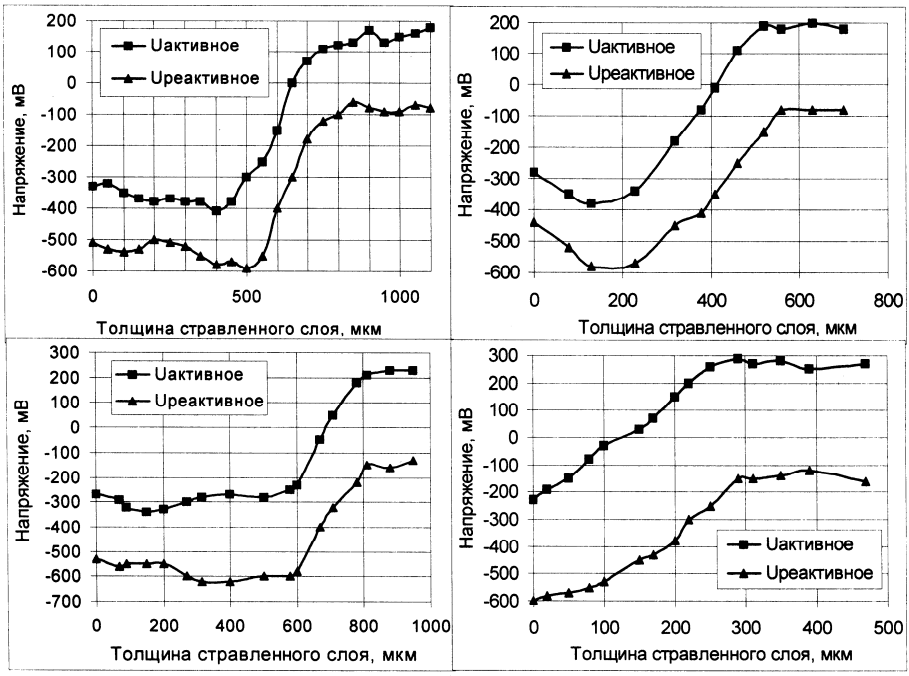


Рис.3. Пример АФЧХ распределения сигнала датчика по толщине образца

Кроме того, на аналогичных образцах измерялось распределение остаточных напряжений по глубине упрочненного слоя (эпюры остаточных напряжений). Измерение производилось на московском вертолетном заводе по действующей на заводе методике. Некоторые из полученных эпюр приведены на рис.4.

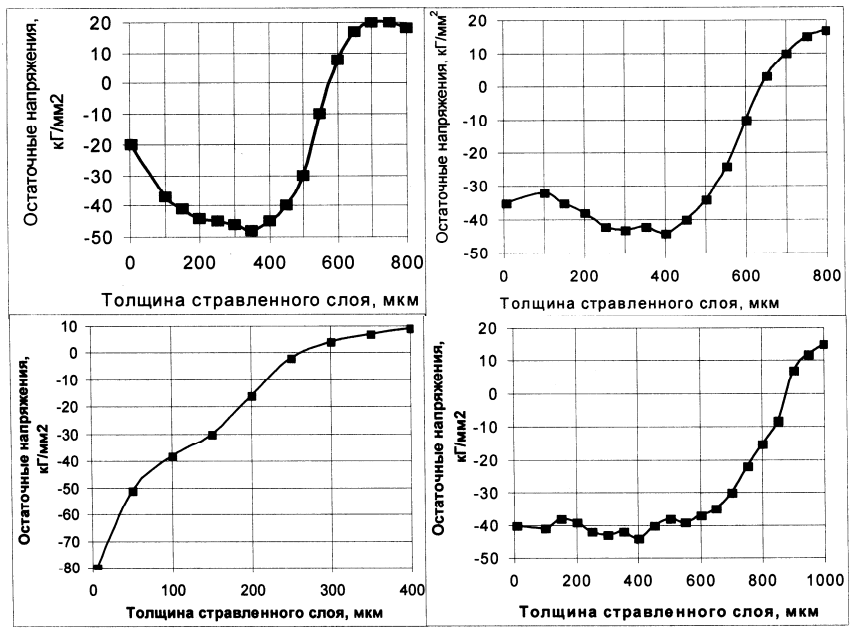


Рис.4. Эпюры распределения остаточных напряжений по толщине образцов

Анализ рис.3 и 4 позволяет сделать следующие выводы:

1. Изменения электромагнитных свойств изделия по толщине аналогично изменению его физико-механических свойств.

2. Упрочненный поверхностный слой не имеет резкой границы, отделяющей его от основного материала.

3. На каждом графике можно выделить три области (слоя) с различными характеристиками: упрочненный слой, неупрочненная основа и переходный слой: от упрочненного металла к «сырому».

Обсуждение результатов экспериментов. Все варианты зависимости изменения электромагнитных и физико-механических свойств по толщине изделия можно свести к трем типовым, показанным на рис.5. Они отражают все три основных слоя: упрочненный, с неизменным значением параметра упрочнения Z_y по всей толщине и толщиной h_y; неупрочненная основа со значением параметра упрочнения Z_o, начинающийся с глубины h_o, и переходный, лежащий между значениями глубин h_y и h_o. Вариант, показанный на рис.5,б, отличается отсутствием протяженного упрочненного слоя (h_y=0) и состоит только из переходного слоя и неупрочненной основы. На рис.5,в появляется участок на поверхности изделия толщиной h_p, в котором произошло разупрочнение до значения Z_p.

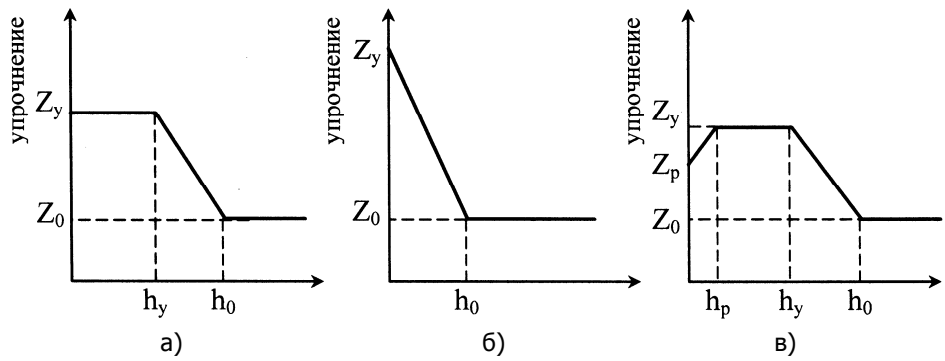


Рис. 5. Типовые зависимости распределения параметра упрочнения по толщине изделия

Зависимость на рис.5,а соответствует нормальному упрочнению и характерна для нормального технологического процесса. Величина h_y показывает толщину слоя неизмененной (реально – практически неизменной). Значение h_o соответствует толщине упрочненного слоя (обычно согласно ТУ, упрочненным слоем считают слой, имеющий физико-механические свойства, отличные от основного материала).

Зависимость на рис.5,б соответствует упрочнению, произведенному с интенсивностью большей номинальной. Если толщина упрочненного слоя h_y лежит в заданных конструкторской документацией пределах, то это может считаться нормой. Если же по какой-либо причине оказывается $h_y<h_{y\ min}$ (например, при высокой твердости исходного материала), то получается исправимый брак.

Зависимость на рис.5,в характерна для длительного упрочнения недостаточной интенсивности. Также такой случай возможен при исправ-

лении брака с эпюрой, показанной на рис.5,б. В этом случае толщина слоя h_y обычно получается больше номинальной, но в тонком поверхностном слое h_p происходит разупрочнение материала. Если при этом величина упрочнения на поверхности Z_p не выходит из допустимых пределов, то ситуация является нормой. Если же величина Z_p оказывается слишком мала, то исправить такой брак значительно труднее, чем в предыдущем случае.

Применение результатов в моделировании. Для отражения основных видов эпюр в имитационной модели [1] принимаем следующую пространственную модель строения изделия (рис.6). Следует помнить, что при упрочнении параметры качества изделия увеличиваются, а значения электропроводимости и магнитной проницаемости обычно уменьшаются. Все изделие разбивается по толщине на N одинаковых слоев, причем N должно быть достаточно велико, чтобы ступенчатая аппроксимация электромагнитных свойств изделия (см.рис.6) мало отличалась от линейной. При выводе уравнений электромагнитного преобразователя [1] предполагалось, что ось X пространственных координат направлена от поверхности в глубь контролируемого изделия. Поэтому в моделировании «углубление» в изделие и толщина слоя обозначаются координатами по этой оси.

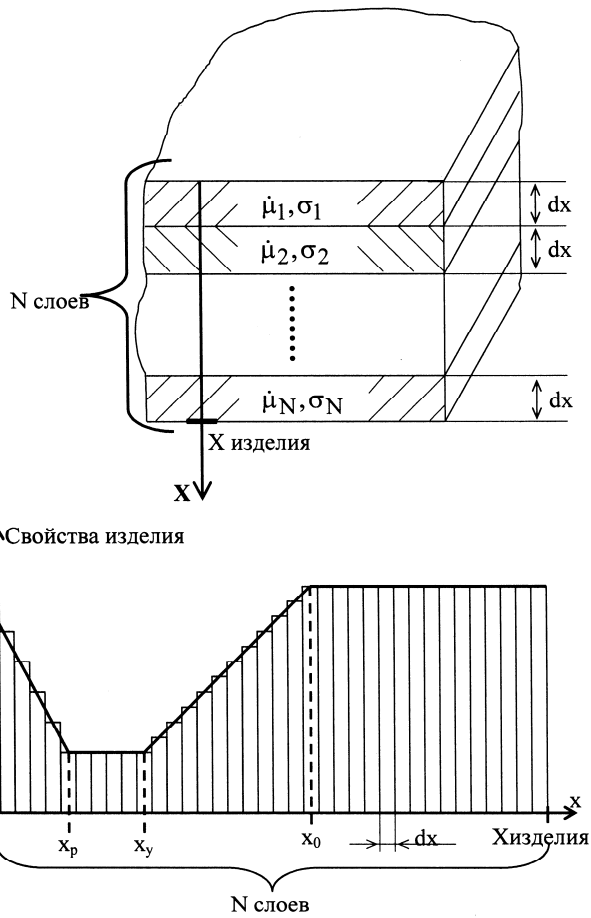


Рис.6. Пространственная модель строения изделия

На рис.7 показано распределение напряженности магнитного поля по толщине для однородного изделия. Оно подчиняется закону:

$$H = H_0 \cdot e^{-\dot{c}x}, \qquad (1)$$

где H_0 – напряженность магнитного поля на поверхности изделия; $\dot{c} = \sqrt{j\omega \cdot \dot{\mu} \cdot \mu_0 \cdot \sigma}$ – постоянная распространения; ω – частота тока возбуждения датчика; $\dot{\mu}$ – комплексная магнитная проницаемость изделия; σ – электропроводность изделия.

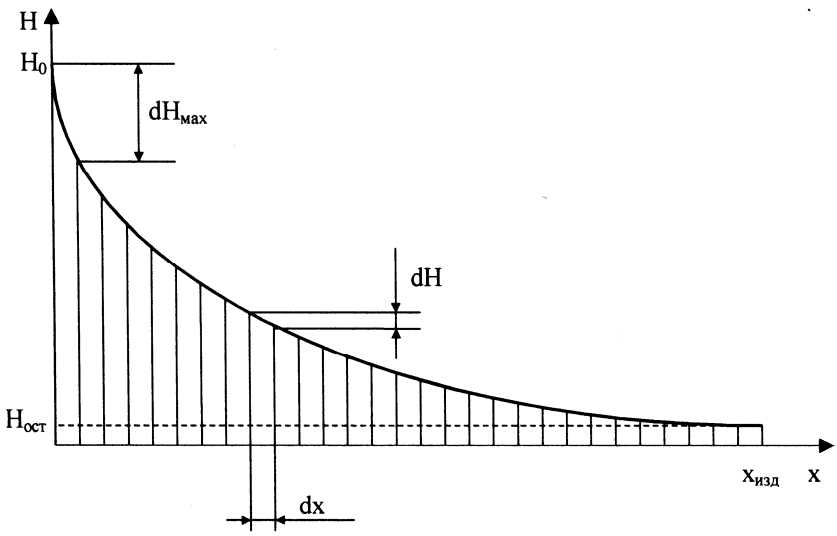


Рис.7. Распределение магнитного поля в изделии

Магнитный поток в изделии и сердечнике датчика вычисляется интегрированием по толщине изделия. Поэтому толщина одного слоя разбиения dx должна быть достаточно мала, чтобы изменение величины напряженности поля dH_{max} при переходе от слоя к слою также было малым. Однако при слишком большом числе слоев резко растет вычислительная ошибка и продолжительность вычислений, следовательно, требуется оптимизация числа слоев для минимизации погрешности моделирования.

Зная толщину изделия $x_{изделия}$ и максимально допустимую величину dH_{max}, можно определить требуемое количество слоев N:

$$N \geq \frac{x_{изделия}}{dH_{max}}.$$

Толщина изделия при моделировании определяется из следующих соображений. Уравнение ЭДС датчика [2] составлены в предположении, что изделие имеет бесконечно большую толщину и отраженная от задней границы электромагнитная волна имеет нулевую амплитуду. Это возможно только при $x_{изделия} \to \infty$. Однако реальное изделие имеет конечную толщину. Кроме того, количество слоев, на которые разбивается изделие, также должно быть конечным. Поэтому толщину изделия $x_{изделия}$ определяют исходя из допустимого затухания электромагнитного поля в образце.

Так как толщина реального образца конечна, то напряженность поля у задней границы изделия $H_{ост.}$ не равна нулю. Здесь электромагнитное поле отражается от границы изделие – окружающая среда и возвращается назад к поверхности. При этом поле снова ослабляется, и напряженность магнитного поля отраженной волны:

$$H_{отр} = H_{ост} \cdot e^{-\dot{c}(x_{изделия} - x)}. \quad (2)$$

Следовательно, толщина изделия $x_{изделия}$ должна выбираться таким образом, чтобы $H_{ост.} << H_o$, при этом ошибка тем меньше, чем лучше это условие выполняется.

На рис.8 показана номограмма для определения толщины моделируемого образца $x_{изделия}$ по заданной ошибке, вызванной конечным затуханием электромагнитного поля в образце.

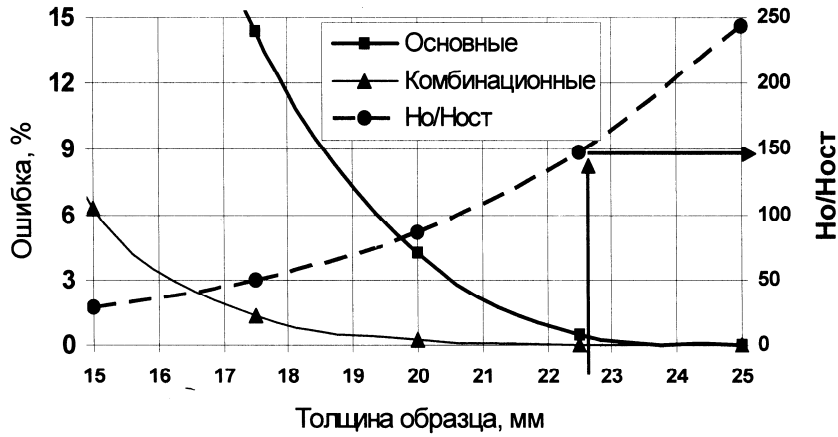


Рис.8. Зависимость ЭДС основных и комбинационных колебаний сигнала датчика от толщины контролируемого изделия при неизменной толщине слоя

При определенной толщине изделия величина ошибки для основных и комбинационных колебаний перестает изменяться. Это значение толщины изделия $x_{изд.\ min}$ можно считать минимально допустимым. Однако использовать полученную таким образом величину $x_{изд.\ min}$ в чистом виде нельзя, так как при изменении электромагнитных свойств изделия или частоты тока, возбуждающего датчик, изменится и затухание в материале изделия. Поэтому из рис.8 находим минимальное затухание сигнала: $\frac{H_o}{H_{ост}}\min$. Для ошибки порядка 0,5% это отношение приблизительно равно 150 для основных колебаний и 70 для комбинационных (см.рис.8).

Величина затухания электромагнитного поля зависит от частоты сигнала, магнитной проницаемости и электропроводности металла, поэтому данные, приведенные на рис.8, соответствуют частотам, использовавшимся для моделирования: частота основных колебаний (наиболее низкая) – 90 Гц, комбинационных колебаний – 520 Гц [3]. Для других значений частот, исходя из (1), пропорционально изменятся лишь соответствующие значения толщины образца, т.е. масштаб по оси абсцисс на рис.8.

Следовательно, толщина образца при моделировании должна выбираться таким образом, чтобы на самой низкой частоте отношение напряженности поля в первом слое и напряженности поля последнего слоя было не меньше 150 для величины ошибки, вызванной конечным затуханием поля в образце, не превышающем 0,5%.

Аналогичным образом (рис.9) выбирается минимальное количество слоев, на которые необходимо разбить исследуемый образец, чтобы погрешность, вызванная дискретным изменением напряженности магнитного поля H при переходе от одного слоя к другому, была минимальна.

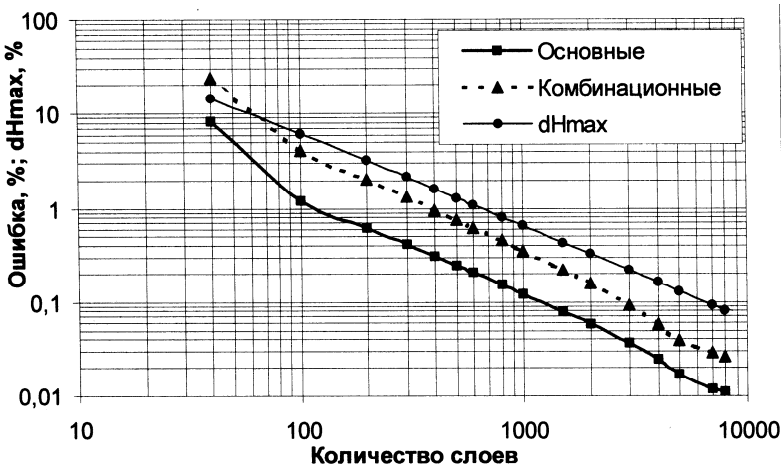


Рис.9. Зависимость ЭДС датчика от количества слоев при неизменной толщине изделия

При определении оптимальных условий моделирования следует помнить, что эти оба вида погрешности (рис.8, 9) независимы и суммируются.

Заключение. Таким образом, найденные значения минимально допустимого затухания электромагнитного поля в изделии и максимально допустимого изменения напряженности поля при переходе от одного слоя с заданным набором электромагнитных свойств к соседнему позволяют при имитационном моделировании получить оптимальную модель упрочненного слоя.

Библиографический список

1. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии. / И.Ю. Рыжиков. – М.: Альтекс, 2004. – 384 с.

2. Создание математической модели и программы ЭВМ для расчета комбинационных колебаний сигналов электромагнитных датчиков: отчет о НИР по гранту фундаментальных исследований в области энергетики и электротехники – Ростов-на-Дону, 2001. – 16 – Исполнители: Анисимов С.Д., Ананченко Л.Н., Рогов И.Е., Голубова Г.С., Виноградова И.Ю. – № ГР 01.980006915, инв. № 02200300133.

3. Анисимов С.Д. Электромагнитный неразрушающий контроль упрочненного слоя на поверхности стальных изделий. / С.Д.Анисимов, Л.Н.Ананченко, И.Ю.Виноградова, И.Е.Рогов // Дефектоскопия. – 2000. – №1. – С. 18-30.

Материал поступил в редакцию 13.02.09.

A.A.LAVRENTYEV, I.E.ROGOV, S.D.ANISIMOV, V.S.KOVALEVA

THE OPTIMIZATION OF THE MODEL OF THE STRENGTHENED LAYER BY THE SURFACE STRENGTHENING

The parameters of the imitative model of multilayer conductive ferromagnetic media to achieve the optimal precision of modeling are determined.
The experimental investigation of the distribution of physicomechanical and electromagnetic properties along the thickness of the sample have been carried out. The standard epures of these properties were determined. The parameters of the imitative model of the multilayer conductive ferromagnetic media to achieve the optimal precision of modeling are determined.

ЛАВРЕНТЬЕВ Анатолий Александрович (р.1952), заведующий кафедрой «Электротехника и электроника» ДГТУ, доктор физико-математических наук (2001), профессор (2003). Окончил физический факультет Ростовского-на-Дону государственного университета (1974).
Область научных интересов: моделирование электронно-энергетической структуры сложных полупроводниковых соединений и некоторых металлических сплавов, имитационное моделирование в структуроскопии.
Автор более 150 научных публикаций.

АНИСИМОВ Сергей Дмитриевич (р.1935), доцент кафедры «Электротехника и электроника» ДГТУ (1971), кандидат технических наук (1966). Окончил факультет «Приборостроение» Таганрогского радиотехнического института (1959).
Область научных интересов – методы неразрушающего электромагнитного контроля.
Автор 120 научных публикаций и 8 изобретений.

РОГОВ Игорь Евгеньевич (р.1964), старший преподаватель кафедры «Электротехника и электроника» ДГТУ (1994). Окончил факультет «Приборостроение» РИСХМ (1986).
Область научных интересов: методы неразрушающего электромагнитного контроля, имитационное моделирование в структуроскопии.
Автор более 50 научных публикаций и изобретений.

КОВАЛЕВА Валентина Сергеевна, доцент кафедры «Физика» ДГТУ. Окончила физический факультет Ростовского-на-Дону государственного университета (1976).
Научное направление – моделирование электронно-энергетической структуры сложных соединений и сплавов.
Автор более 50 научных работ.

alavrentyev@dstu.edu.ru

УДК 621.9.06:628.5

С.А.ШАМШУРА, С.Н.ШЕВЦОВ, А.Н.ЧУКАРИН

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ШУМООБРАЗОВАНИЯ ВИБРОУДАРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛОНЖЕРОНОВ ВЕРТОЛЕТОВ

Приведена математическая модель шумообразования стенда виброударного упрочнения лонжеронов вертолетов. Энергетическими методами рассчитываются скорости колебаний отдельных подсистем несущей системы в целом. Получены зависимости вводимой от рабочей среды вибромощности в стенки контейнеров, что существенно уточняет теорию расчета шума подобного оборудования.
Ключевые слова: *шумообразование, виброударное упрочнение, лонжероны вертолетов.*

Введение. Упрочнение внутренних и наружных поверхностей лонжеронов в условиях ОАО «Роствертол» производится на однокоординатных станках. При всех преимуществах этого оборудования с точки зрения технологии упрочнения оно имеет очень серьезный недостаток: создает чрезвычайно высокие уровни шума, на 30-33 дБ превышающие предельно допустимые значения. Для обоснования выбора варианта шумозащиты при проектировании подобного оборудования необходимо расчетным путем определить ожидаемые нормы шума.

Исследование. С акустической точки зрения каждый элемент вибростенда является конструкцией энергетически замкнутой, с небольшим коэффициентом потерь колебательной энергии. В качестве моделей источников шума для элементов вибростенда принята ограниченная пластина, для которой звуковая мощность определяется по формуле [1]:

$$L = 10\lg\frac{\rho_0 c_0 S V_i^2}{10^{-12}}, \qquad (1)$$

где ρ_0 и c_0 – плотность воздуха (кг/м^3) и скорость звука в воздухе (м/с); S – площадь пластины, м^2; V_i – скорости колебаний пластины на собственных модах, м/с.

Звуковая мощность оборудования как системы одновременно звучащих источников определяется по принципу энергетического суммирования и имеет вид:

$$L_w = 10\lg\left(\sum_1^4 10^{0,1L_{w_к}} + 10^{0,1L_{w_p}}\right), \qquad (2)$$

где $L_{w_к}$ – звуковая мощность, излучаемая контейнером, дБ; L_{w_p} – звуковая мощность, излучаемая рамой, дБ.

Определение звуковой мощности вибростенда сводится к расчету скоростей колебаний рамы и контейнеров на собственных формах колебаний. В такой постановке расчет вибраций элементов вибростенда на основе теории колебаний пластин – задача чрезвычайно сложная. Поэтому для практических расчетов виброскоростей элементов стенда использованы энергетические методы расчета, которые традиционно используются для акустических расчетов энергетически замкнутых систем. Их применение

наиболее оправдано для базовых деталей коробчатой формы, что и соответствует рассматриваемому оборудованию:

$$W + \sum_{1}^{6} \alpha_{in} l_{in} q_i - \sum_{1}^{6} \alpha_{ni} l_{ni} q_n - \delta_n S_n q_n = 0, \quad (3)$$

где W – вводимая в раму вибромощность, Вт; a_{in} и l_{ni} – коэффициенты передачи вибромощности между стенками рамы; q_n – коэффициент поглощения в соответствующем элементе вибростенда, 1/м; $q_{i,n}$ – потоки вибрационной мощности, Вт/м.

Для стальной конструкции коэффициенты поглощения и потоки вибрационной мощности (согласно работе [2]) приведены к виду:

$$\delta_n = 0,03\eta_n^f \left(\frac{f_n}{h_n} \right)^{0,5}, \quad (4)$$

где η_n^f – частотно-зависимые коэффициенты потерь колебательной энергии; f_n – собственные частоты колебаний стенки, Гц; h_n – толщина стенки, м;

$$q_{i,n} = 200\sqrt{h_{i,n} f_{i,n}}\; m_{0_{i,n}} V_{i,n}^2, \quad (5)$$

где $m_{0_{i,n}}$ – распределенная масса стенки, кг/м^2.

Коэффициенты передачи вибрационной мощности между элементами рамы определяются следующим образом [2]:

$$\alpha_{in} = \frac{\psi(\mu_{in})\tau_{in}}{\pi}. \quad (6)$$

Для Г-образного соединения пластин, что и соответствует конструкции вибростенда

$$\tau_{in} = 2\left(\mu_{ni}^{5/4} + \mu_{in}^{5/4} \right)^{-2} \quad \text{при} \quad h_i \neq h_n \quad \left(\tau_{in} = \frac{1}{2} \quad \text{при} \quad h_i = h_n \right),$$

$$\mu_{in} = \frac{h_n}{h_i}; \quad \mu_{ni} = \frac{h_i}{h_n}, \quad (7)$$

$$\text{при} \quad \mu_{in} < 1 \quad \psi(\mu_{in}) = \frac{1}{3}\left[(1+\mu_{in}) E\left(\frac{\pi}{2}; \sqrt{\mu_{in}} \right) - (1-\mu_{in}) F\left(\frac{\pi}{2}; \sqrt{\mu_{in}} \right) \right],$$

$$\text{при} \quad \mu_{in} \geq 1 \quad \psi(\mu_{in}) = \frac{1}{3}\left[(1+\mu_{in}) E\left(\frac{\pi}{2}; \sqrt{\mu_{in}} \right) + (1-\mu_{in}) F\left(\frac{\pi}{2}; \sqrt{\mu_{in}} \right) \right],$$

E и F – полные эллиптические интегралы, таблицы которых приведены в работе [2].

Поскольку возбуждение вибраций рамы создается вибраторами, то вводимая в основание рамы вибромощность задается согласно выражению

$$W = 0,0023 M a^2 n^3, \quad (8)$$

где M – приведенная масса вибратора, кг; a – амплитуда колебания, м; n – частота вращения вала вибратора, об/мин.

С учетом этих зависимостей система уравнений энергетического баланса рамы имеет вид:

$$5\cdot 10^{-5} Ma^2 n^3 + \sum_1^6 \frac{\left(h_i h_n\right)^{2,5}}{\left(h_n^{2,5}+h_i^{2,5}\right)^2}\psi\left(\frac{h_n}{h_i}\right) l_{in}\left(h_i f_i\right)^{0,5} m_{0_i} V_i^2 =$$

$$= \sum_1^6 18,8\eta_n f_n S_n m_{0_n} V_n^2 + \sum_1^6 \frac{\left(h_i h_n\right)^{2,5}}{\left(h_n^{2,5}+h_i^{2,5}\right)^2}\psi\left(\frac{h_i}{h_n}\right) l_{in}\left(h_n f_n\right)^{0,5} m_{0_n} V_n^2 . \quad (9)$$

Из системы определяются скорости колебаний каждой стенки, а на их основе и уровни звуковой мощности. Аналогичным образом определяются и скорости колебаний стенок контейнеров. Отличие их расчета от рамы заключается в задании вибрационной мощности. Мощность, вводимая в элементы корпуса контейнера, складывается из мощности, передаваемой от рамы (с учетом ослабления на ложементах), и мощности от воздействия рабочей среды. Кроме этого учитывается воздействие рабочей среды на боковые стенки и основание контейнеров. Формулу мощности, вводимой в корпус контейнеров, представим в виде [99]:

$$W_K = W\frac{V_в}{V_o} + W_{p.c}, \quad (10)$$

где V_o и $V_в$ – виброскорости колебаний нижней и верхней пластин рамы, м/с; $W_{p.c}$ – вводимая в контейнер вибромощность от рабочей среды, Вт.

Внутри вибрационного контейнера выделена некоторая поверхность Ω, подвергающаяся воздействию частиц технологической среды. Это может быть как поверхность любой стенки контейнера, так и поверхность упрочняемой детали (для дальнейшего рассмотрения это не имеет значения). Площадь поверхности Ω обозначим S. Основной характеристикой виброакустической активности действия среды на данную поверхность является:

$$W = \left\langle F\cdot u^* \right\rangle_{\Omega,t_0}, \quad (11)$$

где F – сила воздействия; u^* – относительная скорость падения среды на движущуюся поверхность, индекс Ω при угловых скобках означает суммирование по всей поверхности Ω, а t_0 – достаточно малый промежуток времени, за который производится усреднение. Величина вводимой в поверхность Ω мощности *W* является функцией времени, которая, учитывая периодический характер вибрационного возбуждения среды и физический смысл мощности, должна быть также периодической и положительной.

Для определения величины *W* в соответствии с (11) рассмотрим схему, представленную на рис.1. Выделим на поверхности Ω бесконечно малый элемент площадью *ds*. Направим из центра площадки *ds* внутрь среды единичный вектор нормали n, который вместе с парным ему единичным касательным вектором τ образует локальный ортогональный репер, движущийся по заданному закону вместе с площадкой *ds* со скоростью Ub.

Пользуясь соотношением между тензором напряжений σ в среде и силой воздействия этой среды на ограничивающую поверхность

$$\mathrm{F} = -\sigma \cdot \mathrm{n} \cdot ds\,, \qquad (12)$$

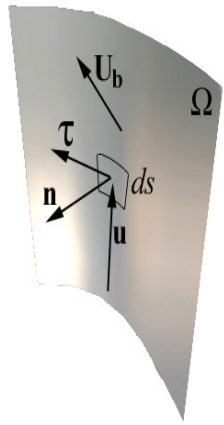


Рис. 1. Расчетная схема для определения интегральной мощности воздействия гранулированной среды на поверхность

а также связью между скоростью u среды в неподвижной системе и скоростью u^* в локальной системе, движущейся вместе с репером (n, τ)

$$\mathrm{u}^* = \mathrm{u} - \mathrm{U_b}\,,$$

получим

$$W = \left\langle \mathrm{F} \cdot \mathrm{u}^* \right\rangle_\Omega = -\left\langle \left((\sigma \times \mathrm{n}) \cdot (\mathrm{u} - \mathrm{U_b}) \right) \cdot ds \right\rangle_\Omega . \qquad (13)$$

Величина, стоящая под знаком усреднения и являющаяся результатом скалярного умножения векторов силы и скорости, изменяется вдоль всей поверхности Ω, причем тензор σ и вектор u определяются динамикой среды, векторы n и Ub – геометрией и кинематикой границы.

Рассмотрим подробнее величину σ и способ ее определения по фазовой траектории гранулярной системы. Произведение суммы таких изменений импульса для всех частиц, столкнувшихся с выбранным сплайном за время моделирования t_m, на вектор n, отнесенное ко времени t_m и величине площадки ds, даст искомую величину тензора напряжений:

$$\sigma = \frac{m}{t_m \cdot ds} \sum_{N_{ev}(ds)} \left(\Delta \mathrm{u} \otimes \mathrm{n} \right). \qquad (14)$$

В соотношении (14) величина $N_{ev}(ds)$ обозначает число столкновений частиц среды со сплайном *ds*. Пусть площадка ds имеет длину (вдоль которой расположены частицы одного слоя) *b* и ширину *a* (вдоль которой размещены слои, совершающие плоское движение).

Тогда ширина площадки может быть выражена через число слоев следующим соотношением:

$$a = \sigma \cdot \left[1 + (k-1) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right]_{k \to \infty} \approx \sigma \cdot \sqrt{\frac{3}{4}} \cdot k \cdot \qquad (15)$$

Чтобы учесть вклад в величину напряжений движения *k* слоев необходимо умножить соотношение (21) на число слоев *k*. Коэффициент, стоящий перед знаком суммирования, будет равен:

$$\frac{m \cdot k}{t_m \cdot dS} = \frac{m \cdot k}{t_m \cdot a \cdot b} \approx \frac{m \cdot k}{t_m \cdot b \cdot \sigma \cdot k \cdot \sqrt{3/4}} = \sqrt{\frac{4}{3}} \cdot \frac{m}{t_m \cdot b \cdot \sigma}\,. \qquad (16)$$

Отметим, что величина, даваемая соотношением (16), определяет тензор напряжений в любой системе координат, в том числе и движущейся, порождаемой площадкой ds. Учтем при этом, что изменение импульса каждой столкнувшейся с границей частицы также инвариантно относительно выбора системы отсчета:

$$\Delta \mathrm{u} = \mathrm{v} - \mathrm{u} = \left(\mathrm{v} - \mathrm{U_b} \right) - \left(\mathrm{v} - \mathrm{U_b} \right) \equiv \mathrm{v} - \mathrm{u}\,. \qquad (17)$$

Тогда выражение

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{4}{3}} \cdot \frac{m}{t_m \cdot b \cdot \sigma} \cdot \sum_{N_{ev}(ds)} (\Delta \mathrm{u} \cdot \mathrm{n}), \qquad (18)$$

вычисляемое в этой новой системе координат, выделяет нормальную составляющую напряжений. Дуальное ему выражение

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{4}{3}} \cdot \frac{m}{t_m \cdot b \cdot \sigma} \cdot \sum_{N_{ev}(ds)} (\Delta \mathrm{u} \cdot \tau) \qquad (19)$$

дает величину касательных напряжений. Это позволяет преобразовать выражение (17) следующим образом:

$$W = -\sqrt{\frac{4}{3}} \cdot \frac{m \cdot S}{t_m \cdot b \cdot \sigma} \left\langle \sum_{N_{ev}(ds)} (v - u) \cdot (u - U_b) \right\rangle_\Omega , \qquad (20)$$

причем индекс Ω имеет смысл суммирования по всем прямолинейным сплайнам модельной поверхности.

Оценим удельную мощность (S = 1 м^2), вводимую в граничную поверхность при синфазных нормальных ударах с частотой 15 Гц одного слоя, размещенных без зазора стальных шариков диаметром 5 мм. Для этого предположим, что длина сплайна равна половине диаметра шарика $b = d/2$, следовательно, за один период сплайн границы в среднем за период получает 1/2 удара. Положим также, что граница покоится ($\mathrm{U}_b = 0$), коэффициент упругого восстановления равен R, удары наносятся с частотой f, и за один период слой шаров наносит по поверхности только один удар. В условиях этих предположений получим выражение удельной мощности:

$$W = 0,6 \rho_c df (1 + R) u^2 , \qquad (21)$$

где ρ_c – плотность среды, кг/м^2; f – частота вибрации, Гц.

В соответствии с технологической инструкцией упрочняющая обработка изделия производится в 4 перехода по схеме, приведенной на рис.2.

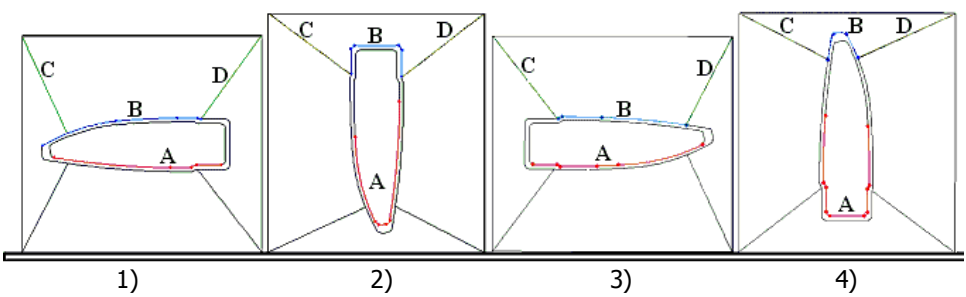


Рис.2. Схема обработки лонжерона (в порядке следования 1, 2, 3, 4): буквами обозначены поверхности, подвергающиеся воздействию рабочей среды

Закон движения контейнера с деталью отвечал режимам работы реального технологического оборудования: амплитуда вертикальных колебаний 6 мм, частота 15 Гц. Имитационное моделирование программным

комплексом GranMoS производилось с шагом по времени 5-10 мкс до достижения реального времени – одна секунда, т.е. полных 15 периодов колебаний.

Вычисляемым энергетическим параметром была удельная мощность, вводимая средой в границу, т.е. мощность, приложенная к 1 кв.м. площади поверхности стенки. Для определения средней удельной мощности на поверхности стенки ее мгновенное распределение численно интегрировали по всей длине куска стенки:

$$N(t) = \frac{1}{\Delta L} \int_{\Delta L} \sigma(\mathbf{r}, t) dl \cdot \qquad (22)$$

Распределения удельных мощностей были построены для поверхностей, подвергающихся воздействию среды стальных шариков. По этим распределениям были вычислены средние за период удельные мощности, а умножение последних на площади соответствующих поверхностей дало полные мощности, характеризующие акустическую активность обрабатывающей среды. Результаты приведены в таблице.

Средние мощности воздействия технологической рабочей среды на стенки контейнера и обрабатываемого лонжерона

Схема (рис.2)	Поверхность (рис.2)	Площадь, $м^2$	Мощность воздействия среды	
			средняя удельная, $Вт/м^2$	средняя полная, кВт
№1	A(внутр.лонж)	1,6	740	1,18
	B(наруж.лонж)	1,58	610	0,96
	C(контейнер)	1,06	111	0,12
	D(контейнер)	1,06	68	0,072
№2	A(внутр.лонж)	2,1	465	0,98
	B(наруж.лонж)	0,8	1260	1
	C(контейнер)	1,06	1220	1,29
	D(контейнер)	1,06	1180	1,25
№3	A(внутр.лонж)	1,65	740	1,22
	B(наруж.лонж)	1,57	1000	1,570
	C(контейнер)	1,06	133	0,14
	D(контейнер)	1,06	108	0,11
№4	A(внутр.лонж)	1,4	510	0,71
	B(наруж.лонж)	0,62	1350	0,840
	C(контейнер)	1,06	980	1,04
	D(контейнер)	1,06	1030	1,09

Выводы. Зависимости мгновенной удельной мощности от времени показывают, что взаимодействие среды со стенками детали и контейнера носит импульсный характер, продолжаясь около половины периода колебаний. Такой характер изменения мощности должен приводить к генерации широкополосного спектра шума.

Приведенные зависимости позволяют определить уровни шума данного типа оборудования и учитывают компоновку стенда, технологические режимы работы. Для выполнения расчетов ожидаемых уровней шума при проектировании подобных технологических процессов и оборудования, на котором они будут выполняться, необходимо определить вводимую в корпуса контейнеров вибромощность со стороны рабочей среды.

Библиографический список

1. Иванов Н.И. Основы виброакустики / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров. – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.
2. Никифоров А.С. Акустическое проектирование судовых конструкций / А.С. Никифоров. – Л.: Судостроение, 1990. – 200 с.
3. Слюсарь Б.Н. Оценка воздействия технологической среды на вибрацию корпуса контейнеров при виброударном упрочнении лонжеронов / Б.Н.Слюсарь, С.А.Шамшура, С.Н.Шевцов // Проектирование технологического оборудования: межвуз. сб. науч. тр. – Ростов н/Д: ТОУ ДПО ИУИ АП, 2003.– С. 85-96.

Материал поступил в редакцию 05.05.09.

S.A.SHAMSHURA, S.N. SHEVTSOV, A.N. CHUKARIN

MATHEMATICAL MODEL OF FORMATION OF NOISE OF VIBRO-SHOCK HARDENING OF LONGERONS OF HELICOPTERS

In article the mathematical model of formation of noise of the stand of vibro-shock hardening of longerons of helicopters is resulted. Power methods speeds of fluctuations of separate subsystems and bearing system as a whole pay off. Dependences of vibrating capacity entered from a working environment in walls of containers are received that essentially specifies the theory of calculation of noise of the similar equipment.

ШАМШУРА Сергей Александрович (р.1977), доцент кафедры «Вертолетостроение» института управления и инноваций авиационной промышленности, кандидат технических наук (2006). Окончил Ростовский-на-Дону государственный университет путей сообщения (1999), а также механико-математический факультет Ростовского-на-Дону государственного университета (2000).
Область научных интересов: виброакустическая динамика технологического оборудования.
Имеет 20 научных публикаций.

ШЕВЦОВ Сергей Николаевич (р.1949), заведующий лабораторией «Машиностроение» ЮНЦ РАН, профессор кафедры «Авиастроение» ДГТУ, доктор технических наук (2000). Окончил Ростовский-на-Дону государственный университет (1974).
Область научных интересов: компьютерное моделирование динамических систем; механические колебания; механика гранулярных материалов.
Автор 200 научных работ.

ЧУКАРИН Александр Николаевич (р.1950), заведующий кафедрой «Технологическое оборудование» ДГТУ, доктор технических наук (1996), профессор. Окончил РИСХМ (1972).
Область научных интересов – виброакустическая динамика технологического оборудования.
Опубликовано около 140 научных работ.

aeroengdstu@lest.ru

УДК 631.333.5

В.А. ЧЕРНОВОЛОВ, Т.М. УЖАХОВ, Т.М. ЛЯШЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Выполнено исследование динамических свойств центробежных аппаратов для распределения минеральных удобрений по поверхности поля применительно к обоснованию допусков на колебания параметров процесса. По допускаемой неравномерности распределения удобрений по полю рекомендуется вычислять допуски на равномерность подачи удобрений на распределяющий аппарат, математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение угла бросания и дальностей метания. Вероятностная модель системы представлена последовательным соединением звена постоянного запаздывания и двух апериодических звеньев. Численным моделированием определены характеристики звеньев.

***Ключевые слова**: аппарат центробежный, удобрения минеральные, рассев, равномерность, переходная характеристика, передаточная функция.*

Введение. Функционирование сельскохозяйственных машин происходит в условиях непрерывно изменяющихся внешних условий. Влияние различных факторов, главным образом случайных в вероятностно-статистическом смысле, сказывается на показателях технологического процесса распределения удобрений. Известно, что неравномерное внесение удобрений приводит к снижению их эффективности. Снижение прибавки урожая и ухудшение его качества происходит за счет нелинейности функции урожая от дозы внесения удобрений и полегания растений на площадках с повышенными дозами внесения. Неодновременное созревание растений на площадках с различной дозой внесения удобрений приводит к ухудшению качества урожая и увеличению потерь при уборке.

Постановка задачи. Равномерность подачи удобрений на распределяющий аппарат зависит от свойств удобрений, частоты вращения дозирующих органов либо от скорости и шага планок подающего транспортера. Частота вращения распределяющего диска влияет на дальность метания частиц удобрений и закономерность их распределения вдоль радиусов зоны рассева. Неравномерность вращения распределяющих дисков приводит к повышению неравномерности распределения удобрений по полю.

Изменение фрикционных свойств удобрений приводит к нарушению симметричности распределения относительно линии движения машины и, как следствие, снижению равномерности рассева.

Цель исследования – получить модели для исследования влияния условий функционирования на равномерность рассева удобрений по полю и для обоснования допусков на колебания параметров процесса.

Методика исследований. Процесс распределения удобрений рассмотрен при следующих исходных допущениях и условиях: распределение удобрений на выходе из аппарата задано функцией плотности угла бросания $f(\alpha)$; средние скорости метания частиц и средние коэффициенты парусности не коррелированы с углом бросания α; дальность метания частиц ρ является случайной величиной с известной функцией плотности вероятностей $f(\rho)$; диаметр диска по сравнению с размерами зоны рассева считается малой величиной.

Понятие «доза внесения удобрений» применяем к бесконечно малым площадкам так, что доза q_F определяется соотношением:

$$q_F = \lim_{\Delta F=0} \frac{\Delta q}{\Delta F}, \qquad (1)$$

где Δq – масса удобрений, внесенных на площадку; ΔF – площадь выделенной площадки.

Площадь, засеваемую аппаратом при отсутствии перемещения машины, т.е. при $V_м = 0$, называем зоной рассева [1,2]. При выполнении перечисленных ранее условий линии равной интенсивности в зоне рассева имеют почковидную форму (рис.1). Аппарат находится в начале координат и выбрасывает удобрения в радиальных направлениях. Выделим в зоне рассева площадку dF, ограниченную двумя радиусами, образующими угол da, и двумя окружностями с радиусами ρ и $\rho + d\rho$. Угол a отсчитываем от линии движения машины, угол β – от поперечной оси координат.

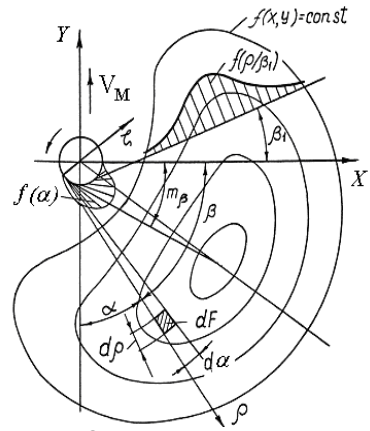


Рис.1. Схема определения дозы внесения удобрений горизонтальным аппаратом

Вероятность попадания удобрений на площадку dF определяем как вероятность совмещения двух событий: попадания значения угла бросания в интервал da и попадания дальности в интервал $d\rho$. Так как дальность метания некоррелирована с углом a, то элемент вероятности $d\rho$ определяем по формуле умножения вероятностей:

$$dP = f(a)\, da\, f(\rho)\, d\rho. \qquad (2)$$

Интенсивностью засева площадки называем предел отношения расхода удобрений dQ, приходящегося на площадку, к ее площади dF, при $dF \to 0$, т.е.

$$I = \lim_{dF\to 0} \frac{dQ}{dF}. \qquad (3)$$

Расход dQ определяем умножением общего расхода Q на элемент вероятности dP. Тогда, учитывая, что $dF = \rho\, d\rho\, da$,

$$I = \frac{Q \cdot f(\alpha) \cdot f(\rho)}{\rho}. \qquad (4)$$

При движении машины со скоростью $V_м$ зона рассева перемещается с такой же скоростью относительно неподвижной площадки dF. В этом случае интенсивность внесения удобрений на площадке будет переменной. На рис.1 изображены линии уровней интенсивности $I = const$. В центре зоны рассева интенсивность максимальна, а на ее краях – минимальна.

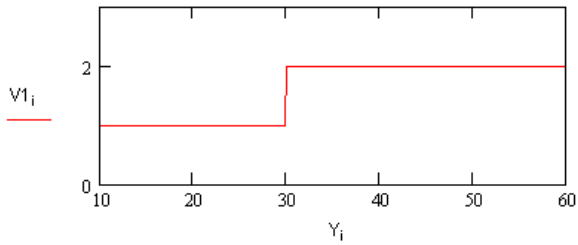
Доза внесения q_F на неподвижной площадке d_F после прохода разбрасывателя определяется интегрированием:

$$q_F = \int_0^{t_1} I dt, \qquad (5)$$

где t_1 – время внесения удобрений на площадке.

Для исследования динамических свойств аппарата необходимо вычислить дозы внесения удобрений на площадках, расположенных вдоль

оси Y на равных расстояниях. Интегрирование необходимо выполнять в режиме единого времени. Единичный скачок фактора задается в едином времени так, чтобы некоторые из площадок полностью засевались до скачка, некоторые в переходном режиме и остальные в новом установившемся режиме. В едином времени задаются пределы интегрирования. Исследование выполнено в системе компьютерной математики (рис.2).



Обозначения величин:
Qa – подача удобрений на аппарат, кг/с;
Vm – скорость машины, м/с;
Mα - математическое ожидание угла бросания, рад;
σα - среднее квадратическое отклонение угла бросания, рад;
Mρ - математическое ожидание дальности метания, м;
σρ - среднее квадратическое отклонение дальности метания, м;
Q (Mα, σα, Mρ, σρ, X, YX) – функция дозы внесения удобрений от координат площадки X, Y и параметров зоны рассева.
Моделирование скачка расхода Qa
i:=0…200 Y_i:=i·0,25+10 Y_S:=30 Q_0:=1 Δ:=1

$$Q1(Y):=\begin{cases} Q_0 \text{ if } Y<Y_S \\ ((Q_0+\Delta)) \text{ if } Y\geq Y_S \end{cases} \qquad V1_i:=Q1(Y_i)$$

Рис.2. Моделирование скачка подачи удобрений

Графическое изображение реакции системы на единичное ступенчатое воздействие называется переходной характеристикой. Аналитическое выражение *h(t)* переходной характеристики называется переходной функцией. Переходную характеристику (рис.3) получали решением уравнений (1)-(5), описывающих работу аппарата, и аппроксимированием переходных характеристик. Для аппроксимирования переходных характеристик S-образного вида использовали выражение:

$$h(t,T) := 1 - \exp\left(\frac{-t}{T}\right)\cdot\sum_{\lambda=1}^{m}\frac{\lambda}{\lambda!}\left(\frac{t}{T}\right)^{\lambda-1}, \qquad (6)$$

где *T* и *m* – коэффициенты аппроксимации.

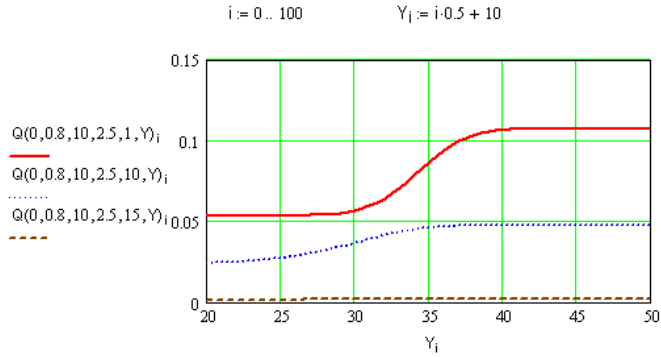


Рис.3. Графики переходных процессов дозы
при скачке подачи (X= 1; 10 и 15)

Продолжительность переходного процесса определяется размерами зоны рассева и скоростью движения машины.

Переходные процессы изменения дозы внесения удобрений на линиях (рис.4), параллельных направлению движения агрегата, пересчитывали в переходные характеристики путем вычитания от текущих значений дозы ее значения до начала переходного процесса и деления разности ординат дозы на величину скачка входного фактора.

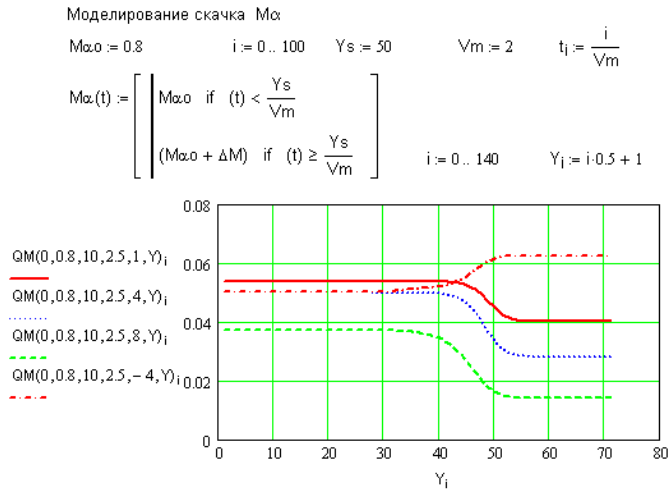


Рис.4. Графики переходных процессов дозы
при скачке математического ожидания угла бросания (X=1; 4; 8 и - 4 м)

Результаты моделирования. Оценка точности аппроксимации показала, что при m=1 начало переходного процесса аппроксимируется плохо. При m=2 вся кривая аппроксимируется удовлетворительно.

Модель системы при m=2 представляется последовательным соединением звена постоянного запаздывания и двух апериодических звеньев.

Значения коэффициентов передачи k, постоянной времени T и времени запаздывания τ_0 приведены в табл.1-3.

При скачке подачи положение и размеры зоны рассева не изменяются, поэтому переходные процессы одинаковы в сечениях, равноотстоящих от линии движения.

Таблица 1

Параметры переходных и передаточных функций при скачке Qa

X, м	k, с/м^2	τ_0	T, с
0	0,0268	13,7	0,656
5	0,0250	13,8	0,656
10	0,0156	14,9	1,066

Таблица 2

Параметры переходных и передаточных функций
при скачке математического ожидания угла бросания M_α

X,м	k, кг/м^2	τ_o	T, с
0	0,0188	13,4	1,05
5	0,0384	14,4	1,67
10	0,0572	16,0	1,75
-5	-0,0450	13,9	1,11
-10	-0,0319	15,1	1,72

Таблица 3

Параметры переходных и передаточных функций при скачке σ_α

X, м	k, кг/м^2	τ_o	T, с
0	-0,082	3,18	1,24
10	0,062	6,83	1,79

При скачке математического ожидания угла бросания зона рассева смещается в сторону от линии движения. Это приводит к увеличению дозы при положительных X и к уменьшению её при отрицательных X. Это видно в табл.2, где коэффициент передачи имеет разный знак.

Скачок параметра M_ρ приводит к изменению размеров зоны рассева, но коэффициент передачи в этом случае примерно на порядок меньше, чем при скачке Q, M_α или σ_α. Скачок параметра σ_ρ вызывает слабые переходные процессы, поэтому не рассматривается в данной работе.

Передаточная функция, полученная при этих допущениях, имеет вид:

$$W(p) = \frac{k \cdot e^{-\tau_o \cdot p}}{(Tp+1)^m}. \qquad (7)$$

Амплитудно-фазовую частотную характеристику системы (рис.5) получали из передаточной функции заменой комплексной переменной p на $j\omega$:

$$W(j\omega) = \frac{k \cdot e^{-\tau_o \cdot j\omega}}{(T \cdot j\omega + 1)^2}. \qquad (8)$$

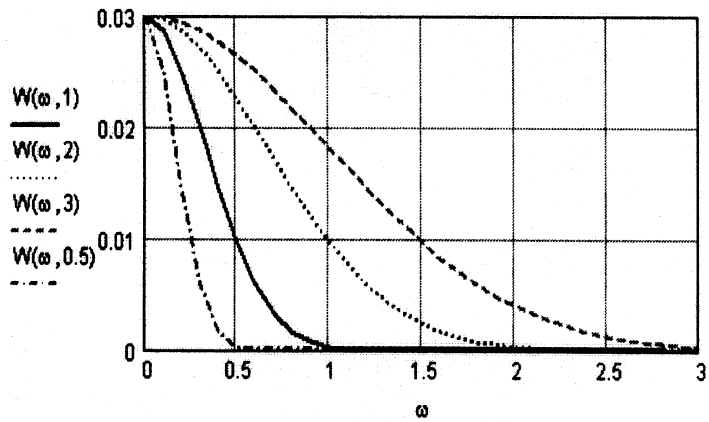


Рис.5. Амплитудно-частотные характеристики аппарата ($V_м$=1; 2; 3; 0,5 м/с)

Амплитудно-частотная характеристика определяет дисперсию дозы и дисперсию урожая в зависимости от дисперсий параметров $M_\alpha, \sigma_\alpha, M_\rho, \sigma_\rho, Q, V_m$ и др.:

$$W(\omega) = \frac{k}{\sqrt{A^2 + B^2}}, \qquad (9)$$

где $A = 1 + T^2 \cdot \omega^2$; $B = 2 \cdot T \cdot \omega$.

Последнее уравнение использовали для построения графиков функции $W(\omega)$ и для обоснования допусков на параметры системы (см.рис.5).

Если колебания одного из параметров имеют гармонический характер с амплитудой A_z и математическим ожиданием M_z, то коэффициент вариации одной гармоники равен

$$v_z = \frac{A_z}{\sqrt{2} \cdot M_z} \cdot 100 . \qquad (10)$$

Аналогично определим коэффициент вариации дозы:

$$v_q = \frac{A_q}{\sqrt{2} \cdot M_q} \cdot 100 . \qquad (11)$$

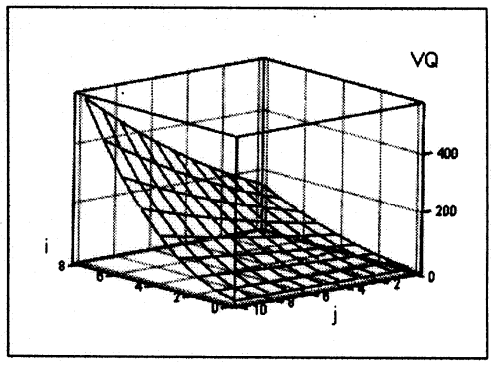
Разделив уравнение (11) на (10), получим:

$$\frac{v_q}{v_z} = \frac{A_q \cdot M_z}{A_z \cdot M_q} = W(\omega) \cdot \frac{M_z}{M_q} . \qquad (12)$$

Последнее соотношение использовано для обоснования допусков на неравномерность параметров процесса. Предположим, задана допустимая продольная неравномерность дозы $v_q = 10\,\%$. Требуется установить допуск на колебания подачи Q. Кроме того, известно, что

$$M_Q = M_q \cdot V_m \cdot B_p \quad \text{тогда} \quad v_Q = \frac{v_q}{V_m \cdot B_p \cdot W(\omega)} . \qquad (13)$$

График зависимости (13) показан на рис.6.



VQ

Рис.6. Обоснование допуска на колебания подачи
($\omega_i = i;\ T_j = j \cdot 0.05 + 0.5$; k=0.03)

Допуск на колебания подачи может превышать допуск на колебания дозы внесения удобрений в десятки раз, если частота колебаний достаточно высока (см.рис.6). Постоянная времени Т заметно влияет на величину допуска только при повышении частоты колебаний.

Выводы. При малой скорости движения машины колебания подачи с $\omega \geq 0,5$ с$^{-1}$ полностью сглаживаются, а при движении со скоростью 3 м/с сглаживаются колебания с $\omega \geq 3$ с$^{-1}$, полоса пропускания увеличивается.

Величина параметра *T* передаточных функций сильно влияет на сглаживающую способность аппарата в области низких частот. На величину параметра *T* влияют продольные размеры сечений зоны рассева. В центре полосы рассева этот размер меньше и параметр *T* меньше.

Скорость движения машины (см.рис.5) является важнейшим параметром амплитудно-частотной характеристики аппарата. С увеличением скорости увеличивается полоса пропускания частот.

Увеличение размеров зоны рассева положительно влияет на способность аппарата фильтровать или сглаживать случайные колебания параметров процесса распределения удобрений по полю.

Библиографический список

1. Черноволов В.А. Моделирование в системе MathCad процесса распределения удобрений горизонтальным центробежным аппаратом / В.А.Черноволов, Т.М. Ужахов // Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Технические науки. Спец. вып. Математическое моделирование и компьютерные технологии. – 2004.– С. 144 – 147.

2. Черноволов В.А. Обоснование параметров центробежного аппарата для распределения минеральных удобрений при реверсивном приводе диска / В.А. Черноволов, В.А. Луханин, Е.В. Поволоцкая // Вестник ДГТУ. – 2008. – Т.8. - № 4. – С. 426-432.

Материал поступил в редакцию 28.07.08.

V. CHERNOVOLOV, T. UZHAKHOV, T. LYASHENKO

THE DYNAMIC PROPERTIES OF THE CENTRIFUGAL DEVICE FOR THE SUPERFICIAL ENTERING OF MINERAL FERTILIZERS

The research of dynamic properties of the centrifugal devices for distribution of mineral fertilizers on a field surface adaptably to substantiation of the admissions on fluctuation of the process parameter. The admissions on proportionality of giving of the fertilizers on a distributing device, an average quadratic inclination of an angle of throwing and a range of casting are recommended to set the non-uniformity of distribution of the fertilizers on a field.

The probable model of the system is represented by the consecutive connection of a link of constant retardation and two non-periodic links. The link characteristics are determined by the numeric modeling.

ЧЕРНОВОЛОВ Василий Александрович (р.1938), заведующий кафедрой механизации и растениеводства ФГОУ ВПО АЧГАА, доктор технических наук, профессор. Окончил Азово-Черноморскую государственную агроинженерную академию (1962).

Научные интересы: механизация сельского хозяйства.

Автор более 160 научных публикаций.

УЖАХОВ Тимур Магометович (р.1975), ассистент, кандидат технических наук (2004). Окончил АЧИМСХ (1996).

Область научных интересов – механизация внесения удобрений.

Автор более 10 научных работ.

ЛЯШЕНКО Тамара Михайловна, доцент кафедры механизации растениеводства АЧГАА, кандидат технических наук (1985). Окончила АЧИМСХ (1964).

Сфера научных интересов – механизация внесения удобрений.

Автор более 40 научных работ.

luhanunV.A.@meil.ru

УДК 621.791.76

С.В. НЕСКОРОМНЫЙ

СОЕДИНЕНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ С КОРПУСНЫМИ УДАРНОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКОЙ

Рассматриваются основные способы получения сварных соединений типа «корпусная деталь–стержень». Описывается новый способ соединения крепежных элементов ударной конденсаторной сваркой с магнитно–импульсным приводом (УКС с МИП).
***Ключевые слова**: ударная конденсаторная сварка, магнитно–импульсный привод, ковочное усилие.*

Введение. При изготовлении современной металлопродукции возникает необходимость сборки отдельных частей посредством использования крепежных стержневых элементов, присоединяемых к корпусным деталям. Сварные соединения типа «корпусная деталь–стержень» широко применяются в машиностроении, приборостроении, строительстве [1]. Конструктивные виды таких сварных соединений представлены на рис.1.

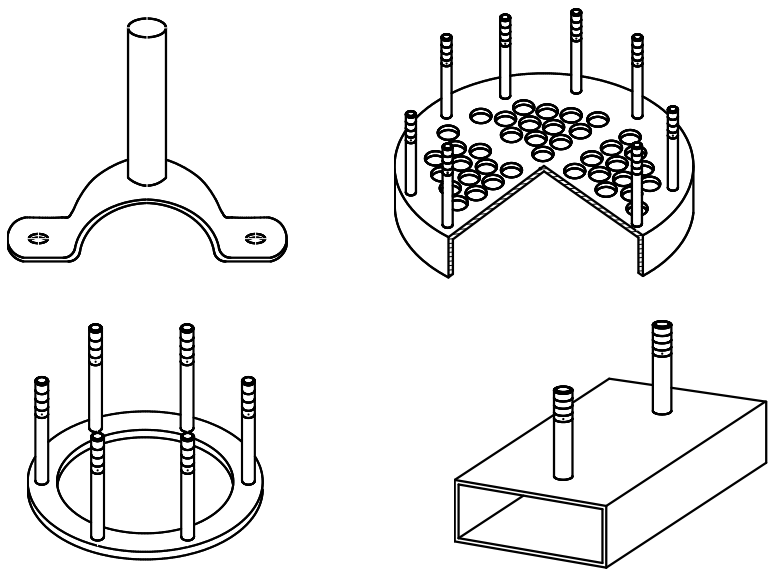


Рис.1. Конструктивные виды сварных соединений типа «корпусная деталь-стержень»

Для присоединения шпилек к тонким листам в основном применяются дуговые способы сварки: ручная дуговая сварка, сварка в среде защитных газов.

Использование дуговых способов сварки не позволяет приварить стержневой элемент к тонколистовой основе из-за опасности его прожога, подгорания резьбы, неперпендикулярности, необходимости применения защиты сварочной ванны от внешней среды; применение контактной сварки требует сложной оснастки. Также очень сложно приварить крепежный стержневой элемент к корпусной детали из цветных металлов и их сплавов из–за разности физических свойств теплоотвода.

Использование контактной сварки, ударной и диффузионной, способов сварки в вакууме требует сложной оснастки, предварительных операций по созданию вакуумной среды. Недостатком этого способа сварки является низкая производительность.

Комбинированный способ очень трудоёмкий вследствие большого количества предварительных операций: вначале фланец приваривают круговым швом к отверстию горловины, затем в отверстия вворачивают шпильки, которые фиксируются сварным швом или герметиком; на горловину надевают крышку, отверстия которой необходимо совместить с местами установки шпилек.

На Западе фирма "Köco/Koster" использует технологию присоединения стержневых крепежных деталей «CD Stud Welding». Сварка осуществляется импульсной дугой с использованием пистолетов, оснащенных гидравлической системой подъёма и опускания шпильки. Скорость нагружения невелика и требуется использования защитной среды сварочной ванны с помощью флюсовых колец или защитных газов. Сварное соединение получается в жидкой фазе, поэтому не всегда возможно приварить массивный стержневой элемент к тонколистовой основе и сохранить исходную структуру свариваемого материала.

В России и странах СНГ применяют ударную конденсаторную сварку в радиоэлектронике для получения миниатюрных соединений. Она имеет большие преимущества перед рассмотренными способами, но наличие специального пружинного механизма для создания ковочного воздействия, а также невозможность сварки стержней диаметром более 2мм ограничивают её применение при изготовлении крупногабаритных сварных соединений [2].

Сварные соединения типа "корпусная деталь–стержень" целесообразно изготавливать без дополнительных операций, с одной установки. Все перечисленные способы имеют многопереходные процессы, а следовательно, требуют больших затрат при организации производства.

Постановка задачи. Для сварки цветных металлов и их сплавов предпочтительнее всего использовать импульсные способы сварки с накоплением энергии в батареях конденсаторов. В ДГТУ на кафедре "Машины и автоматизация сварочного производства" с целью интенсификации процесса ударной конденсаторной сварки были проведены исследования по привариванию массивных шпилек к тонколистовой основе из цветных материалов и их сплавов. Для обеспечения ковочного усилия и увеличения скорости пластической деформации в зоне соединения использовали магнитно–импульсный привод.

Для проведения исследований потребовалось произвести переналадку оборудования, изготовить оснастку и инструмент [3]. Установка состоит из генератора импульсных токов, технологического блока с измерительным стендом, предназначенного для регистрации параметров разряда ёмкостного накопителя энергии на индуктивную нагрузку, накопительного блока.

В качестве рабочего инструмента для перемещения стержневого элемента в зону сварного соединения применяли плоские индуктора с числом витков 6÷8. Плоский индуктор состоит из корпуса, в котором уложена токопроводящая спираль (спираль Архимеда), токоподводов, изоляции и элементов механического усиления. Конический толкатель изготовлен из дюралюминия со стальной вставкой. Индуктор должен

обеспечивать необходимое электродинамическое воздействие на заготовку и обладать при этом экономически целесообразной стойкостью.

Использование многовитковых индукторов позволяет получать различные давления при одной и той же величине запасенной энергии и собственной индуктивности установки в результате изменения числа витков индуктора.

В качестве оснастки использовали ручной пресс. Стержневой элемент зажимается цанговым зажимом, с помощью которого выполняется базирование стержня относительно плоской детали.

Анализ предложенного метода. На устройство для ударной конденсаторной сварки стержневых деталей с плоским основанием получен патент № 2007130908/22 (RUS) [4]. Принципиальная схема ударной конденсаторной сварки с магнитно–импульсным приводом приведена на рис.2.

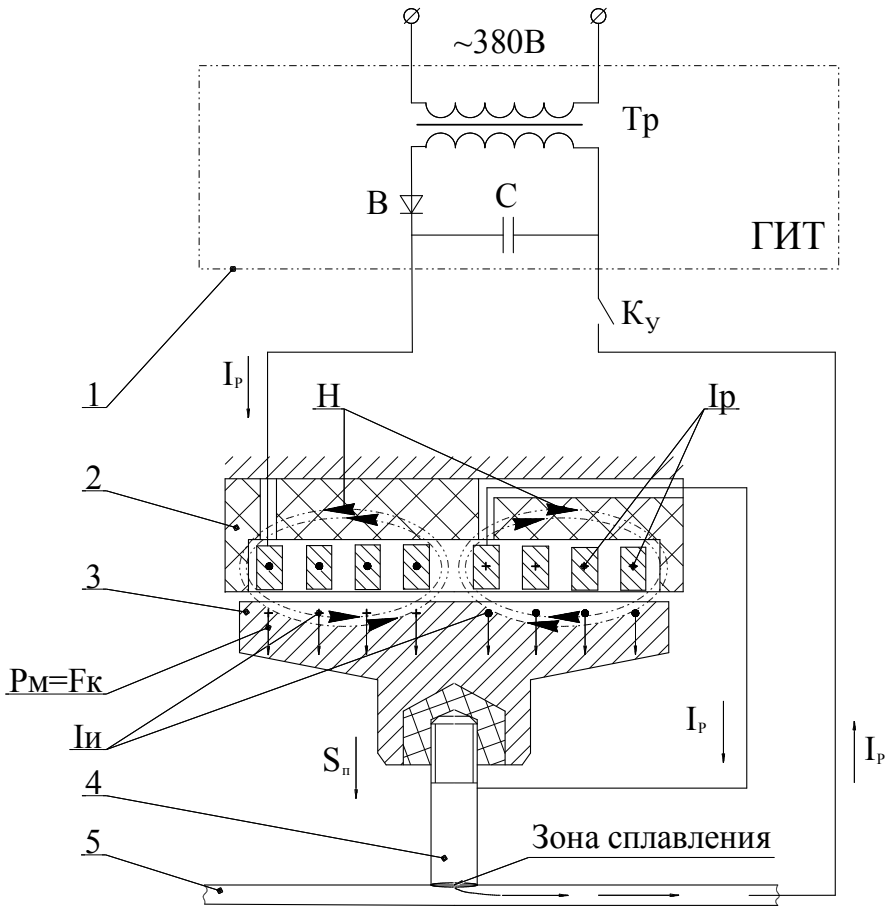


Рис.2. Принципиальная схема УКС с МИП: 1 – генератор импульсных токов (ГИТ): Тр – трансформатор; В – выпрямитель; С – батарея конденсаторов; $К_У$ – коммутирующее устройство; 2 – плоский индуктор; 3 – толкатель; 4 – стержневая деталь; 5 – плоская деталь; Н – магнитный поток; $F_К$ – ковочное усилие; $Р_м$ – магнитное давление; $I_и$ – ток индуцированный; $I_р$ – ток разряда; $S_п$ – скорость перемещения

Сущность процесса заключается в следующем [5]. Стержневую деталь 4 приводят в контакт с плоской деталью 5 и включают последовательно в цепь с плоским индуктором 2 и генератором импульсных токов 1, что позволяет синхронизировать процесс протекания тока и силового воздействия в зоне соединения.

В процессе разряда батареи конденсаторов С по виткам индуктора 2 протекает импульс тока $I_Р$, переменный магнитный поток Н которого обусловливает возникновение индуцированных токов $I_И$ в толкателе 3. В то же время взаимодействие магнитного поля Н индуктора 2 с током $I_И$ в толкателе 3 приводит к возникновению магнитного давления $P_М$, которое воздействует на толкатель, прижимающий стержневую деталь к корпусной.

Протекающий в зоне соединения деталей импульс тока взрывообразно испаряет микровыступ, дуговой промежуток заполняется парами металла, которые создают естественную защиту сварочной ванны от окружающей среды. В это же время под действием газодинамических сил осуществляется поверхностный выплеск оплавленного слоя деталей вместе с загрязнениями, включая оксидные пленки. Ковочное усилие, передаваемое стержневой деталью, завершает этот процесс. Очищенные поверхности совместно деформируются: происходит образование Т–образного соединения в твердой фазе, а жидкая фаза перемещается в галтельную зону соединения.

Результаты исследований. Производили сварку стержней диаметром 10мм с плоскими листами толщиной 0,5÷2,0 мм из меди М1, сплавов Л63 и АМг6.

Выявлены энергетические параметры [6], влияющие на качество сварного соединения при ударной конденсаторной сварке: ёмкость накопительного блока С; рабочее напряжение $U_р$; индуктивность рабочего инструмента $L_И$, определяемая числом витков индуктора N. Эти параметры процесса и оборудования полностью определяют энергию W и длительность воздействия на свариваемые детали $t_{СВ}$.

Для облегчения процесса возбуждения дуги на торце стержневого элемента предварительно был изготовлен цилиндрический микровыступ. Размеры выступа (*dв* - диаметр и *lв* - длина) существенно влияют на ход процесса сварки и зависят от диаметра (*Дст*) привариваемого стержня. Длина выступа определяет дуговой промежуток, и, следовательно, длительность взрывообразного испарения микровыступа. При малой длине микровыступа тепловыделение на свариваемых деталях недостаточно, при большой длине он не успевает полностью испариться, и прочность сварного соединения снижается вследствие уменьшения фактической площади контакта свариваемых деталей. Последнее объясняется тем, что на начальной стадии взрывообразно испаряется лишь небольшая часть выступа, остальной же объём металла микровыступа расплавляется во время горения дуги. При этом расходуется большая часть энергии, а её остатка должно хватить для оплавления торца шпильки. В некоторых экспериментах после механических испытаний наблюдалось даже неполное расплавление выступа.

В таблице представлены режимы сварки и прочностные характеристики образцов из сплава Л63. Диаметр стержня *Дст*=10мм, толщина плоского листа *δ*=0,8 мм, диаметр выступа/длина выступа *dв/lв*=1,3/1,5мм, рабочее напряжение $U_р$=2000В.

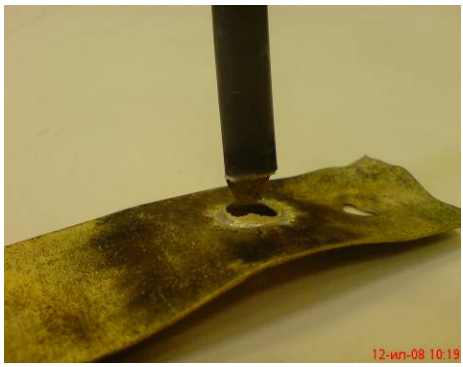
Режимы сварки и прочностные характеристики образцов из сплава Л63

Номер образца	Ёмкость накопителя С, мкФ	Энергия воздействия W, Дж	Число витков N	Усилие отрыва Р, Н	Предел прочности сварного соединения $\sigma_в$, Н/мм^2
1	1800	3600	6	1200	15,3
2	2100	4200	6	1600	20,4
3	2400	4800	6	2000	25,5
4	1800	3600	7	1380	17,6
5	2100	4200	7	1920	24,4
6	2400	4800	7	2360	30,0
7	1800	3600	8	670	8,50
8	2100	4200	8	750	9,50
9	2400	4800	8	950	12,1

Из таблицы видно, что наиболее рациональные режимы сварки соответствуют образцу № 6.

Методы и результаты испытаний. Прочность сварных соединений оценивали на отрыв, зону сварного соединения исследовали металлографическим анализом.

При испытаниях на отрыв разрушение образцов происходило по основному металлу. Это свидетельствует о том, что прочность сварного соединения не ниже, чем у основного металла (листа). На рис.3 представлен внешний вид сварных соединений после испытания на отрыв.



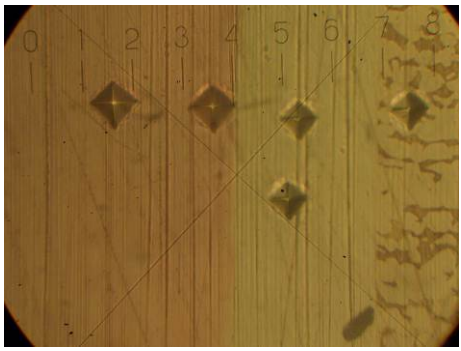
Л63+Л63

М1+М1

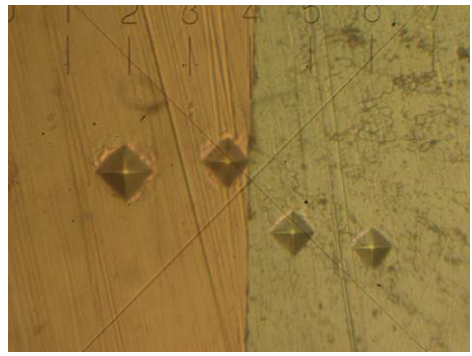
Рис.3. Внешний вид сварных соединений после испытания на отрыв, х1

Проведенные металлографические исследования зоны соединения не выявили образования общих зёрен. Микроструктурный анализ показал, что зона соединения характерна для сварки в твёрдой фазе известными импульсными методами. Имеется чёткая линия границы раздела–зона «схватывания», аналогично сварке взрывом и магнитно-импульсной сварке [7].

На рис.4 изображена зона сварных соединений медного сплава М1 со сплавами Л63 и АМг6.



М1+Л63



М1+АМг6

Рис.4. Микроструктура зон сварных соединений, полученных УКС, х485

Выводы. Предложен принципиально новый способ импульсной сварки с использованием магнитного привода в качестве фактора, создающего ковочное давление. Ударная конденсаторная сварка с магнитно-импульсным приводом позволяет осуществлять синхронный разогрев и интенсивную деформацию соединяемых поверхностей в зоне сварки, что позволяет соединять крепежные стержневые элементы с корпусными из цветных металлов и их сплавов.

Данный способ сварки относится к разновидностям контактной конденсаторной сварки, характеризуемой большими значениями сварочного тока 1÷100 кА в импульсе, ковочным усилием 600÷1950 кг·м/с^2, малым временем его протекания 20÷200 мкс.

Библиографический список

1. Лукьянов В.Ф. Производство сварных конструкций: учеб. пособие / В.Ф. Лукьянов, Ю.Г. Людмирский, В.Я. Харченко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. – 334 с.

2. Калеко Д.М. Ударная конденсаторная сварка / Д.М. Калеко, В.Э.Моравский, Н.А. Чвертко. – Киев: Наукова думка, 1984. – 200с.

3. Автоматизированная установка для магнитно-импульсной сварки / Е. Л. Стрижаков, Н. А. Хахин, М. Ю. Бацемакин и др. // Автоматическая сварка. – 2004. - № 2 (610). – С. 53-55.

4. Пат. 70839 Российская Федерация, МПК^7 В23К 20/06. Устройство для ударной конденсаторной сварки стержневых деталей с плоским основанием / С.В. Нескоромный Е. Л. Стрижаков. – № 2007130908/22; заявл. 13.08.07; опубл. 20.02.2008, Бюл. № 5. – 6 с.

5. Конденсаторная сварка с динамическим приводом / С.В.Нескоромный, Р.В. Меркулов, А.В. Сальник // Сварка и диагностика. – 2008. – №3. – С.15-16.

6. Белый И.В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.

7. Каракозов Э.С. Соединение металлов в твердой фазе / Э.С.Каракозов. – М.: Металлургия, 1976. – 264 с.

Материал поступил в редакцию 26.01.09.

S.V. NESCOROMNIY

WELDED CONNECTION OF ROD PARTS WITH BODY PARTS BY ELECTRO PERCUSSIVE WELDING.

The welded joints of the type of rod parts and body part are applied in machine–building and building.
To get such joints for nonferrous metals and alloys by arc welding is extremely difficult.
For these purposes especially for welding large sized parts it would be advisable to use electro percussive welding with magnetic pulsed drive it combines thermal and forced influence on welded parts due to the condenser batteries charges on working tool inductor.

НЕСКОРОМНЫЙ Станислав Валерьевич (р.1981), ведущий программист, ассистент кафедры "Машины и автоматизация сварочного производства" ДГТУ. Окончил ДГТУ (2005).
Занимается исследованиями в области импульсных методов сварки цветных металлов и их сплавов.
Имеет 12 публикаций.

e-mail: nescoromniy@mail.ru

УДК 621.78.044.7

**В.Н. ПУСТОВОЙТ, Ю.В. ДОЛГАЧЕВ,
Ю.А. КОРНИЛОВ, О.Ю. СОРОЧКИНА**

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ПЕРЕД МАРТЕНСИТНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЕМ И ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭТИХ УСЛОВИЯХ

Проанализированы термодинамические условия, соответствующие неустойчивости кристаллической решётки перед мартенситным превращением, рассмотрены явления, возникающие в состоянии неустойчивости, проведён теоретический анализ возможных структурных состояний, обнаруживаемых экспериментально, описано явление сверхпластичности мартенситного превращения при растяжении в интервале $M_н$-$M_д$ и влияние, оказываемое магнитным полем в этом интервале.
Ключевые слова: *кристаллическая решётка, мартенситное превращение, сверхпластичность, магнитное поле.*

Введение. Работы, посвященные изучению особенностей протекания фазовых превращений в магнитном поле [1-5], показывают, что постоянное магнитное поле напряженностью более 300 кА/м оказывает каталитическое влияние на кинетику фазовых переходов, если исходная фаза неферромагнитна, а продукты превращения обладают ферромагнитными свойствами. Однако в этих работах научный подход к обсуждению наблюдаемых явлений не учитывает наличия сверхпластичности превращения и потери устойчивости решетки аустенита перед началом фазовой реакции.

Постановка задачи. Ставились следующие задачи: проанализировать термодинамические условия, соответствующие неустойчивости кристаллической решётки аустенита перед мартенситным превращением, рассмотреть явления, возникающие в состоянии неустойчивости, провести теоретический анализ возможных структурных состояний, обнаруживаемых экспериментально, рассмотреть явление сверхпластичности мартенситного превращения при растяжении в температурном интервале $M_н$-$M_д$ и влияние оказываемое магнитным полем.

Методы исследований. Для проведения экспериментальных работ создано методическое обеспечение, которое позволило осуществить задачу исследований. Механические испытания выполняли на разрывной машине 2054 Р-5 с записью диаграммы деформации в диапазоне нагрузок 0÷50 кН. Деформацию образцов осуществляли в интервале температур $M_д$ - $M_н$. Для испытания при низких температурах (до -70 ^oC) разрывная машина была оснащена криостатом. Образец помещался в криостат, залитый техническим ацетоном (ГОСТ 2768-84), температуру снижали, добавляя в ацетон сухой лед (ГОСТ 12162-77). Для измерения температуры использовали медьконстантановую термопару с рабочим диапазоном температур от -270 до 400 ^oC (ГОСТ 6616-94). Также были осуществлены подбор и компоновка оборудования для создания магнитного поля, оснастки для нагревания и охлаждения. Для получения постоянных магнитных полей напряженностью до 2,0 МА/м применяли электромагнит ФЛ-1. При проведении исследований применяли образцы из стали ХГ и модельного сплава 26Н30.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Термодинамическая система является устойчивой при условии минимальности термодинамического потенциала $G\ (X_i)$ (X_i - обобщённые термодинамические координаты): $\frac{\partial G}{\partial X_i} = 0$, $\frac{\partial^2 G}{\partial X_i^2} > 0$. При $\frac{\partial G}{\partial X_i} = 0$, $\frac{\partial^2 G}{\partial X_i^2} < 0$ термодинамический потенциал максимален, а состояние системы неустойчиво. Граница устойчивости системы соответствует $\frac{\partial^2 G}{\partial X_i^2} = 0$. Для фазовых превращений, которые не связаны с перераспределением компонентов, и могут быть осуществлены путем однородной деформации элементарной ячейки, т.е. для мартенситных превращений, параметром, описывающим превращение, служит деформация решётки при превращении ε. Тогда граница термодинамической устойчивости исходной фазы, она же является и границей её механической устойчивости, определяется условием $\frac{\partial^2 G}{\partial \varepsilon^2} = c = 0$ [6], т.е. обращением в нуль модуля упругости c, связанного с деформацией превращения.

Точка фазового перехода второго рода является точкой потери устойчивости для каждой из фаз. Таким образом, если превращение является структурным и разложение термодинамического потенциала в теории Ландау [6] ведется по параметру ε (деформация превращения), то при приближении к точке фазового перехода второго рода модули упругости обеих фаз, соответствующие деформации превращения, должны уменьшаться и обращаться в нуль в самой точке фазового перехода (рис.1,а).

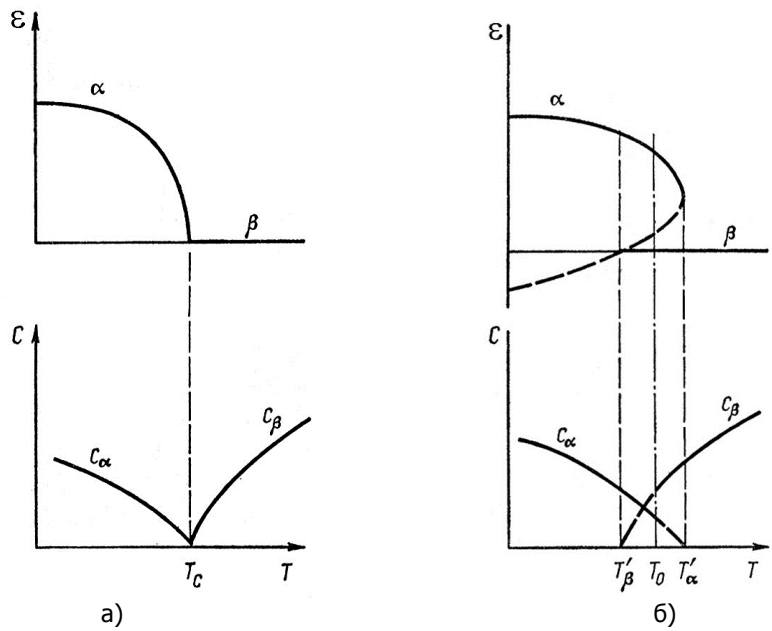


Рис.1. Изменение деформации превращения ε и модулей упругости c при фазовых переходах второго (а) и первого (б) рода

В большинстве случаев структурные фазовые переходы являются переходами первого рода. Однако, если в принципе превращение может быть непрерывным и деформация решётки при переходе невелика ("фазовые переходы 1-го рода, близкие к переходам 2-го рода"), то они также могут быть рассмотрены в рамках теории Ландау. С одной стороны, для таких превращений характерно наличие гистерезиса и области сосуществования двух фаз, как для фазовых переходов первого рода. С другой стороны, при приближении к точке перехода сближаются структуры фаз, например, за счёт уменьшения степени тетрагональности тетрагональной фазы при переходе типа "куб - тетрагон" и уменьшаются определённые константы упругости обеих фаз (константы упругости $c' = \frac{c_{11} - c_{12}}{2}$ в случае переходов "куб - тетрагон"), рис.1,б. Константы упругости обеих фаз остаются конечными в точке фазового равновесия T_o, но обращаются в ноль за точкой T_o, в точках потери устойчивости фаз T'_α и T'_β соответственно.

Описанное поведение констант упругости подтверждается данными, полученными в работе [7], где была исследована температурная зависимость упругой константы $c' = \frac{c_{11} - c_{12}}{2}$ для сплавов Ni-Al ($M_н \approx 278$ K) и Cu-Al-Zn ($M_н \approx 273$ K). С уменьшением температуры наблюдается уменьшение c'. Эти результаты предполагают, что неустойчивость решётки возникает в обоих сплавах до мартенситного превращения.

В ряде случаев состояния неустойчивости кристаллической решётки вблизи точки мартенситного превращения характеризуются ближним порядком атомных смещений. Их описывают с помощью представления о флуктуационных волнах смещений [8, 9], что позволяет анализировать картины диффузного рассеяния электронов и рентгеновских лучей. Электронно-дифракционным и рентгеноструктурным методами в работе [10] обнаружено и исследовано диффузное рассеяние в аустените и мартенсите сплавов Fe-Ni (27 - 50% Ni) в интервале температур от -130 до 600 °C. Наблюдается закономерная трансформация диффузного рассеяния, связанная с изменением атомно-кристаллической структуры аустенита и мартенсита при приближении к температурам начала прямого $M_н$ и обратного $A_н$ мартенситных превращений. Диффузное рассеяние описывается спектром флуктуационных волн смещений и свидетельствует о наличии значительных смещений атомов, обусловленных "размягчением" кристаллической решётки вблизи точек $M_н$ и $A_н$. Но из наблюдаемого рассеяния однозначно не следует, являются ли вблизи точки превращения смещения атомов квазистатическими, отвечающими за ближний порядок, или динамическими (тепловыми). Представляет интерес теоретический анализ возможных структурных состояний, обнаруживаемых экспериментально, и определение наиболее устойчивых термодинамических координаций атомов, формирующих ближний порядок смещений.

Задача о нахождении условий, при которых возможны квазистатические смещения, состоит в определении условных минимумов свободной энергии *G(S(h))*, являющейся функционалом от смещений атомов из

узлов *(h)* исходной фазы. Их относительная устойчивость и вероятность возникновения зависят от топологии гиперповерхности *G*, определяемой силами связи атомов. Вид функции *S(h)* определяется из анализа диффузного рассеяния и кристаллогеометрии возможных структурных состояний. В общем случае бездиффузионной перестройки (рассматриваются коротковолновые смещения, для которых энергия деформации окружающих не превращённых областей минимальна):

$$S(h) = \sum_i A_i w(l_i) \sin(l_i h + \varphi_i), \quad (1)$$

где A_i - амплитуда; l_i - волновой вектор; $w(l_i)$ - вектор поляризации; φ_i - фаза i-й волны.

Решим вопрос о форме и вероятности образования областей с ближним порядком смещений. Если они имеют вид пластин, образованных плотноупакованными плоскостями, сдвиг которых относительно друг друга описывается одной волной, то изменение свободной энергии:

$$G = \frac{N_{am}}{4d} \int dx \left[g(A(x)) + \tau \left(\frac{dA}{dx}\right)^2 \right], \quad (2)$$

где N_{am} - число принадлежащих плоскости атомов; *d* - межплоскостное расстояние; τ - постоянная, необходимость которой обсуждалась в работе [8], играет роль поверхностной энергии. Ось *x* нормальна к плоскостям. При выводе (2) предполагалось, что характерный линейный масштаб неоднородности *A(x)* значительно больше радиуса межатомных сил. В точке локального минимума: $\delta G = 0, \delta^2 G > 0.$ Из равенства нулю первой вариации *G* получаем уравнение для *A(x),* решения которого при $T \approx T_0$ (T_0 - температура термодинамического равновесия двух фаз) имеют вид периодических стационарных волн:

$$A(x) = A(0) - y_1 y_2 \frac{sn^2(rx, \varphi)}{y_1 + y_2 cn^2(rx, \varphi)}. \quad (3)$$

Для случая (3), применяя методы квантовой механики, получаем приближенное условие:

$$\left(\frac{d^2 g}{dA^2}\right)_{A=A(0)} \geq \left|\frac{d^2 g}{dA^2}\right|_{A=A_c}, \quad (4)$$

где A_c отвечает высоте потенциального барьера g*(A)*.

Условие (4) определяет те распределения (2), которые приводят к минимуму *G*. Если характеризовать локальную область размером *H* таким, что $A(|x| = \frac{H}{2}) = A_c$, то можно получить минимально возможный размер флуктуации H_{min}, соответствующий точке перевала *G*. При $T \geq T_0$, выражая H_{min} через константы упругости *c* и используя значения [9, 11], получаем: $H_{\min} \cong 6d \sqrt{\left(\frac{c_{11} + c_{44} - 2c'}{2c' + c_{44}}\right)} \approx 10\,\text{Å}$, что совпадает со средней величиной критического размера ферромагнитных нанокластеров (~ 1 нм), которые имеют место в парамагнитном аустените [12]. Вероятность же флуктуационного образования локальной области с ближним порядком смещений:

$\exp(\frac{-E}{kT})$, где *E* - энергия распределения *A(x)* (2) для минимальной флуктуации.

Таким образом, из термодинамической теории предмартенситных состояний, аналогичной теории распада твердых растворов, следует, что вблизи точки мартенситного превращения существуют локальные области с ближним порядком смещений. Эти области, в отличие от френкелевских флуктуаций, характеризуются постепенным уменьшением порядка с удалением от центра флуктуации и отсутствием чёткой межфазной границы. На дифракционных картинах им соответствуют области диффузного рассеяния, интенсивность которого определяется Фурье-образом *A(x)*. Основные характеристики этих состояний можно связать с упругими модулями исходной фазы.

Флуктуации волн смещений "подготавливают" кристаллическую решётку к мартенситному превращению; таким образом, области с ближним порядком смещений играют роль зародышей мартенсита. Минимально возможный размер флуктуации (~ 1 нм) сопоставим с размерами критического зародыша мартенсита, вычисленными исходя из дислокационной модели мартенситного зародыша Ю.Н. Петрова (критический радиус зародыша 3 нм, его критическая полутолщина 0,125 нм [13]). В таких областях, вследствие неустойчивости кристаллической решётки, наблюдается уменьшение констант упругости практически до нуля и достаточно даже небольших напряжений, что бы инициировать мартенситное превращение. Как было показано в работе [12], до начала мартенситного превращения в парамагнитной матрице аустенита возникают ферромагнитные нанокластеры. С большой степенью вероятности в местах их образования можно ожидать возникновения флуктуаций волн смещения. В условиях воздействия внешним магнитным полем ферромагнитные нанокластеры, восприняв энергию магнитного поля через магнитострикционные напряжения, будут изменять поля упругих сил в кристаллической решетке, в том числе и в областях с ближним порядком смещений (где сделать это намного легче). Изменение полей упругих сил в микрообъемах атомной решетки матрицы способствует снижению энергетического барьера для образования зародышевого центра критического размера.

Неустойчивость кристаллической решётки перед мартенситным превращением может иметь определяющее значение для возникновения такого явления, как сверхпластичность мартенситного превращения.

Для наблюдения явления сверхпластичности был проведён эксперимент с метастабильным аустенитным сплавом 26Н30 ($M_н$ = -60 °С, $M_д$=25 °С), который испытывали в интервале температур $M_н$ - $M_д$. Зависимость механических свойств от температуры испытания при растяжении изображена на рис.2.

Как видно, в интервале $M_н$ - $M_д$ наблюдается пик сверхпластичности, где относительное удлинение составляет почти 100 %. Такое удлинение объясняется предмартенситной неустойчивостью кристаллической решётки, а также тем, что при возникновении в результате деформации мартенситных кристаллов снимаются высокие локальные напряжения и тем самым предотвращается образование и сосредоточение шейки.

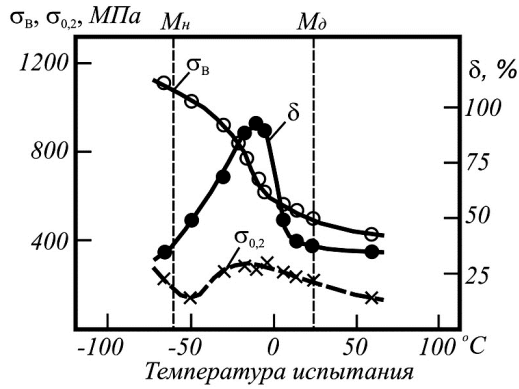


Рис.2. Влияние температуры испытания
на механические свойства
при растяжении сплава 26Н30

Непосредственно перед температурой $M_н$ наблюдается аномальная обратная зависимость предела текучести. Падение предела текучести метастабильной аустенитной стали перед $M_н$ связано с тем, что при растяжении вблизи $M_н$ упругие напряжения вызывают мгновенное образование большого количества кристаллов мартенсита, что приводит к заметной макродеформации, срыву на диаграммах растяжения вследствие развития мартенситного превращения. Повышение $\sigma_{0,2}$ происходит после того, как появляющиеся мартенситные кристаллы станут выполнять роль каркаса при растяжении образца.

Поскольку мартенситное превращение осуществляется кооперативным сдвиговым движением атомов, то прикладываемые упругие напряжения способствуют превращению. Однако роль деформации в мартенситном превращении весьма сложна. Для понимания мартенситного превращения, вызванного деформацией, будет продуктивней рассматривать не влияние деформации, а влияние приложенного напряжения.

На рис.3 показано температурное изменение химической свободной энергии мартенсита и аустенита, T_o - температура, при которой аустенит и мартенсит находятся в термодинамическом равновесии. Разность свободных энергий аустенита γ и мартенсита α $\Delta G_{M_н}^{\gamma\to\alpha}$ при температуре $M_н$ является критической движущей силой для начала мартенситного превращения. Когда к аустениту при температуре T_1 между ($M_н$ и T_o) прикладываются напряжения, то движущая сила превращения F, обусловленная напряжениями, складывается с химической движущей силой $\Delta G_{T_1}^{\gamma\to\alpha}$. Мартенситное превращение начинается при критическом напряжении, когда полная движущая сила эквивалентна $\Delta G_{M_н}^{\gamma\to\alpha}$. На рис.3 $F_{кр} = \Delta G_{M_н}^{\gamma\to\alpha} - \Delta G_{T_1}^{\gamma\to\alpha}$ представляет собой критическую движущую силу, необходимую для мартенситного превращения, вызванного напряжением при T_1. Значение этой движущей силы превращения зависит от напряжения и ориентации превращающейся мартенситной пластины (углы α и θ в формуле (6)) относительно приложенного напряжения:

$$F_{кр} = \tau\gamma_0 + \sigma\varepsilon_n , \qquad (5)$$

где τ - напряжение сдвига, действующее вдоль направления сдвига при превращении в габитусной плоскости мартенсита; γ_0 - сдвиговая деформация при превращении вдоль направления сдвига деформации формы в плоскости габитуса; σ - нормальная компонента напряжения, действующая перпендикулярно габитусной плоскости; ε_n - дилатационная компонента деформации формы при превращении.

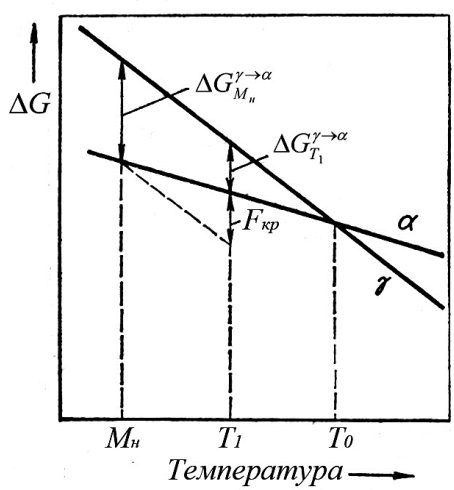


Рис.3. Диаграмма изменения химической свободной энергии мартенситного превращения ΔG

Когда к образцу прикладывается напряжение σ_1, то для любой данной ориентации мартенситной пластины τ и σ можно выразить следующим образом:

$$\tau = \frac{1}{2}\sigma_1(\sin 2\theta)\cos\alpha ; \qquad \sigma = \frac{1}{2}\sigma_1(1+\cos 2\theta) , \qquad (6)$$

где σ_1 - абсолютная величина прикладываемого напряжения; θ - угол между осью прикладываемого напряжения и нормалью к габитусной плоскости; α - угол между направлением сдвига при превращении и направлением максимального сдвига в габитусной плоскости, индуцированного прикладываемым напряжением. Исходя из уравнений (5) и (6), движущую силу превращения, обусловленную прикладываемым напряжением σ_1, можно выразить в виде:

$$F = \frac{1}{2}\sigma_1(\gamma_0(\sin 2\theta)\cos\alpha \pm \varepsilon_0(1+\cos 2\theta)) . \qquad (7)$$

Когда мартенситное превращение индуцируется прикладываемым к поликристаллическому аустениту напряжением, а ориентации зерен в аустените распределены хаотически, первой образуется та мартенситная пластина, ориентация которой обеспечивает максимальную величину *F*. Максимальное значение *F* достигается при условии α = 0 и $\frac{dU}{d\theta} = 0$, что

позволяет выразить критическую движущую силу приложенного напряжения в виде:

$$F_{кр} = \frac{1}{2}\sigma_1'(\gamma_0 \sin 2\theta' \pm \varepsilon_0(1+\cos 2\theta')) , \qquad (8)$$

где σ_1' - критическое прикладываемое напряжение, необходимое для начала мартенситного превращения.

В случае воздействия магнитным полем в процессе мартенситного превращения характерной особенностью образования мартенсита напряжения в температурном интервале сверхпластичности является наличие преимущественной ориентировки кристаллов в направлении вектора магнитного потока. Это особенно заметно для кристаллов мартенсита напряжения, образующихся первыми при температуре выше $M_н$. На рис.4, 5 показаны результаты эксперимента, полученные при закалке образцов стали ХГ от температуры 1100°С в продольном магнитном поле напряженностью 1,6 МА/м.

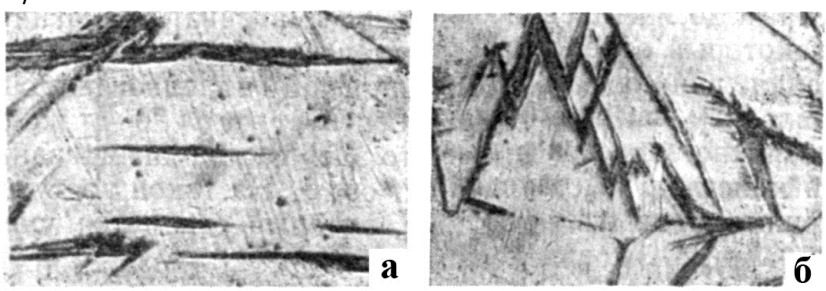


Рис.4. Фрагменты структуры (х300) стали ХГ после закалки в магнитном поле (а) и без поля (б)

Как видно на рис.4, при охлаждении в магнитном поле кристаллы мартенсита ориентируются в энергетически выгодном направлении, совпадающем с направлением вектора напряженности *H* внешнего магнитного поля. Практически полный ориентированный рост можно наблюдать только для появляющихся первыми кристаллов мартенсита, а последующие кристаллы в результате постоянно меняющегося с понижением температуры состояния матрицы образуют характерную фермоподобную структуру. Однако в целом по образцу структура мартенсита оказывается более ориентированной после закалки в магнитном поле (рис.5). По-видимому, такая однородность может способствовать лучшей аккомодации мартенситных кристаллов, расположенных в соседних зернах аустенита и снижению локальных "пиковых" напряжений, вызывающих преждевременное разрушение.

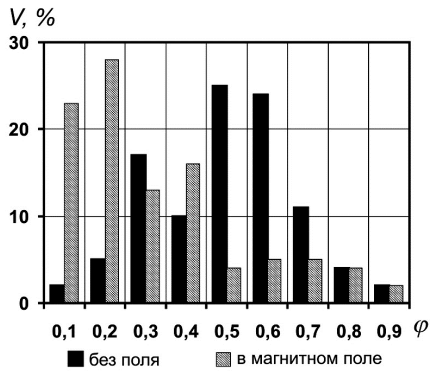


Рис.5. Гистограммы распределения углов между направлениями вектора Н и длинной осью мартенситного кристалла после закалки

Ориентированность кристаллов мартенсита напряжения можно объяснить тем, что в первую очередь мартенситное превращение реализуется на тех зародышах, которые расположены благоприятно к полю. Как уже говорилось выше, первыми образуются те мартенситные пластины, ориентация которых обеспечивает максимальную величину движущей силы превращения *F*, обусловленной приложенным напряжением. Кроме того, под воздействием энергии внешнего магнитного поля образование кристаллов мартенсита вдоль вектора магнитной напряженности *H* более энергетически выгодно. Если же рассматривать намагниченный до насыщения однодоменный мартенситный кристалл как некоторый однородный объем *V*, имеющий форму эллипсоида вращения, длинная ось которого при росте образует угол Θ с направлением внешнего магнитного поля, то энергию намагничивания можно записать в виде $W_м = I_s VH\cos\Theta$. На такой растущий кристалл действует крутящий момент $\frac{dW_м}{d\Theta} = -I_s VH\sin\Theta$, который стремится уменьшить угол Θ. В результате действия крутящего момента на краях каждого неблагоприятно ориентированного кристалла возникают чрезвычайно малые силы, не превышающие для самых крупных частиц десятка грамм. Тем не менее, для ансамбля, состоящего из большого числа кристаллов, при одновременном вкладе энергии магнитострикционных деформаций и кристаллографической магнитной анизотропии, процессы связанные со стремлением кристалла к повороту под действием момента, могут оказать определенное влияние на развитие превращения в условиях сверхпластичного аустенита. С учетом явления неустойчивости решетки в момент $\gamma\rightarrow\alpha$ перехода, характерного для сверхпластичности превращения, решающее влияние могут оказать и весьма малые нагрузки.

Под воздействием внешнего магнитного поля при температурах $M_н$-$M_д$ в ферромагнитноупорядоченных нанокластерах, возможность существования которых обсуждалась в работе [12], возникают магнитострикционные напряжения. Когда эти напряжения прикладываются к сверхпластичному аустениту, то движущая сила превращения $F_{кр}^{H}$, обусловленная магнитострикционными напряжениями, складывается с химической движущей силой $\Delta G_T^{\gamma\rightarrow\alpha}$. Как уже упоминалось выше, мартенситное превращение начинается при критическом напряжении, когда полная движущая сила эквивалентна $\Delta G_{M_н}^{\gamma\rightarrow\alpha}$ (см.рис.3). Следовательно, создаваемая магнитострикционными напряжениями движущая сила превращения $F_{кр}^{H}$ позволяет реализовать мартенситное превращение выше $M_н$.

Выводы. Таким образом, перед началом мартенситного превращения наблюдается неустойчивость кристаллической решётки, что сопровождается падением констант упругости в точке превращения практически до нуля и обусловливает наличие сверхпластичности в интервале $M_н$-$M_д$. В результате воздействия внешним магнитным полем в этом интервале температур возникающие магнитострикционные напряжения в ферромагнитноупорядоченных нанокластерах аустенита в условиях сверхпластичности инициируют образование мартенсита напряжения (*stress-assisted martensite)*.

Библиографический список

1. Бернштейн М.Л. Термическая обработка стальных изделий в магнитном поле / М.Л. Бернштейн, В.Н. Пустовойт. – М.: Машиностроение, 1987. – 425 с.

2. Пустовойт В.Н. Термодинамика, механизм и кинетика фазовых переходов в стали в условиях действия внешнего магнитного поля / В.Н. Пустовойт // Вестник ДГТУ. – 2005. – Т.5. – №3. – С.427-447.

3. Корнилов Ю.А. Влияние магнитного поля на аустенитно-мартенситное превращение в легированных инструментальных сталях / Ю.А.Корнилов, О.Ю.Сорочкина // Вестник ДГТУ. – 2004. – Т.4. – №1. – С.71-75.

4. Xin Jiang Hao, Hideyuki Ohtsuka Effect of High Magnetic Field on Phase Transformation Temperature in Fe-C Alloys// Materials Transactions, 2004. – V.45. – № 8. – P.2622-2625.

5. Ken'ichi Shimizu, Tomoyuki Kakeshita Effect of Magnetic Fields on martensitic Transformations in Ferrous Alloys and Steels// ISIJ International, 1989. – Vol.29. – No. 2. – P.97-116.

6. Ландау Л.Д. Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – М.: Наука, 1976. – Ч.1. – 583 с.

7. Enami K., Hasunuma J., Nagasava A., Nenno S. Elastic softening and electron-diffraction anomalies prior to the martensitic transformation in a Ni-Al β_1 alloy// *Scripta Metallurgica*, 1976. – V.10. – P.879-884.

8. Mori M., Jamada J., Shirane G. Soft phonon mode at the martensitic phase transformation of $AuCuZn_2$.-Sol. State Comm., 1975, 17. – № 2. – P. 127-130.

9. Teklu A., Ledbetter H., Kim H., Boatner L.A., McGuire M., Keppens V. Single-crystal elastic constants of Fe-15Ni-15Cr alloy// Metallurgical and Materials Transactions A, 2007. – V.35. – N.10. – P.3149-3154.

10. Пушин В.Г. Исследование структуры γ- и α-фаз в сплавах железо - никель вблизи точки мартенситного превращения. II. Неустойчивость кристаллической решётки и ближний порядок смещений в аустените / В.Г. Пушнин, Р.Р. Романова, Ю.Д. Тяпкин, Н.Н. Буйнов // Физика металлов и металловедение. – 1977. – Т.43. – №4. – С.826-832.

11. Speich G.R., Leslie W.C. Elastic constants of martensite// Metallurgical and Materials Transactions B, 1973. – V.4. – N.8. – P.1873-1875.

12. Пустовойт В.Н. Исследование механизма образования зародышей мартенсита при закалке в магнитном поле / В.Н. Пустовойт, Ю.В. Долгачев // Упрочняющие технологии и покрытия. **–** 2007. **–** №3. **–** С.4-7.

13. Петров Ю.Н. Дефекты и бездиффузионное превращение в стали / Ю.Н. Петров. – Киев: Наукова думка, 1978. – 262 с.

Материал поступил в редакцию 26.01.09.

**V.N. PUSTOWOIT, Y.V. DOLGACHEV,
Y.A. KORNILOV, O.Y. SOROCHKINA**

UNSTABLE OF THE CRYSTALLINE LATTICE BEFORE MARTENSITE TRANSFORMATION AND INFLUENCE OF THE EXTERNAL MAGNETIC FIELD IN THESE CONDITION

Will analysed thermodynamic conditions corresponding to unstable of crystalline lattice before martensite transformation, is considered phenomenas appearing in condition of unstable, is executed theoretical analysis of the possible structured conditions which detectable experimental, is considered phenomena superplasticity of martensite transformation at stretch in interval M_s-M_d and influence of magnetic field in this interval.

ПУСТОВОЙТ Виктор Николаевич (р.1940), заслуженный деятель науки, заведующий кафедрой «Физическое и прикладное материаловедение» ДГТУ, профессор, доктор технических наук (1980). Окончил РИСХМ (1962).
Область научных интересов: гипернеравновесные фазовые переходы в металлах, обработка металлов в магнитном поле, поверхностное упрочнение сталей и сплавов с использованием концентрированных потоков энергии.
Имеет более 300 научных публикаций.

ДОЛГАЧЕВ Юрий Вячеславович (р.1983), аспирант кафедры «Физическое и прикладное материаловедение» ДГТУ. Окончил ДГТУ (2007) по специальности «Материаловедение в машиностроении».
Область научных интересов: термическая обработка в магнитном поле.
Имеет 6 научных публикаций.

КОРНИЛОВ Юрий Анатольевич (р.1944), профессор кафедры «Физическое и прикладное материаловедение», кандидат технических наук (1986). Окончил РИСХМ (1971).
Область научных интересов: термическая обработка инструментальных сталей в магнитном поле.
Имеет более 20 научных публикаций.

СОРОЧКИНА Оксана Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Физическое и прикладное материаловедение», кандидат технических наук (2005 г.). Окончила ДГТУ (1995).
Область научных интересов: термическая обработка инструментальных сталей в магнитном поле.
Имеет более 12 публикаций.

yuridol@mail.ru

УДК 62-82

А.Т. РЫБАК, А.В. СЕРДЮКОВ

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОМАШИН С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ

Предлагается принципиальная схема стенда для ресурсных испытаний гидравлических машин с рекуперацией энергии. Приводится математическая модель стенда и данные её предварительного анализа.
***Ключевые слова**: гидравлические машины, испытания, рекуперация энергии, математическое моделирование.*

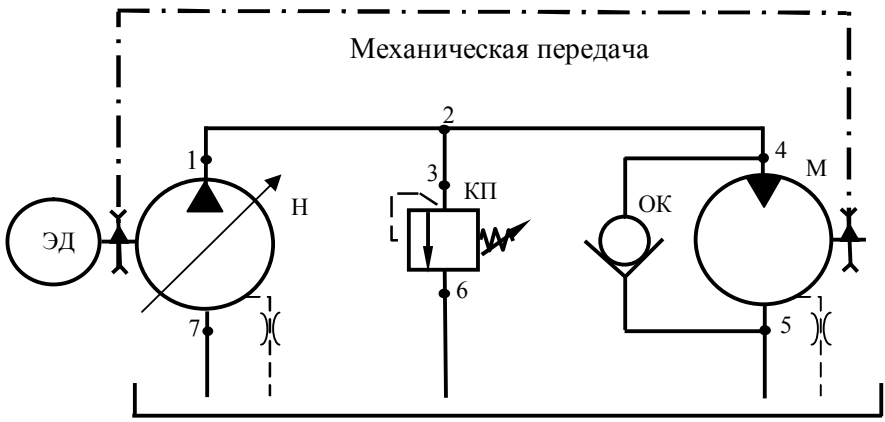
Введение. При испытаниях объемных гидромашин большой мощности возникает ряд проблем, связанных с тем, что применение в качестве нагрузки общепринятых средств – фрикционных тормозных устройств, дросселирования рабочей жидкости и т.п. – приводит к выделению большого количества тепла и значительному расходу энергии.

Известен способ испытания гидравлических машин с рекуперацией энергии [1], который позволяет проводить испытания таким образом, что нагрузкой для одной испытуемой гидромашины (например, для гидронасоса) служит другая испытуемая гидромашина (гидромотор) и наоборот. Этот способ значительно уменьшает габариты и упрощает схему испытательного стенда, так как здесь отсутствуют специальные системы нагружения, и одновременно снижает энергозатраты, повышая КПД системы испытаний. Однако эти испытания могут быть проведены лишь в том случае, когда рабочие объемы гидронасоса и гидромотора примерно одинаковы, и при этом рабочий объем гидронасоса должен быть на 5-7% больше рабочего объема гидромотора. Возникает проблема, когда необходимо произвести испытания гидромашин, рабочие объемы которых значительно отличаются друг от друга.

Рекуперация энергии при испытаниях гидромашин. Нами предложены схема испытательного стенда (рисунок), дающего возможность осуществлять ресурсные испытания гидромашин с различными рабочими объёмами при рекуперации энергии. Работа стенда заключается в следующем. Электродвигатель ЭД приводит во вращение вал гидронасоса Н. Механическая энергия, поступившая с вала электродвигателя, преобразуется гидронасосом в гидравлическую энергию рабочей жидкости, которая передаётся на гидромотор М. Тот, в свою очередь, преобразует гидравлическую энергию рабочей жидкости в механическую энергию вращения выходного вала. С вала гидромотора механическая энергия посредством механической передачи передаётся на вал гидронасоса, где она суммируется с энергией электродвигателя и вновь преобразуется гидронасосом в энергию жидкости.

В данной установке нагружение гидромашин так же, как и в рассмотренной выше [1], происходит по замкнутому контуру, то есть нагрузкой для гидронасоса служит гидромотор, а для гидромотора гидронасос. Однако за счет введения дополнительного звена (механической передачи) можно осуществить согласование работы гидромашин высокой мощности таким образом, что гидромотор будет стремиться вращать вал гидронасоса с большей частотой, чем тот уже вращается, что вызовет повышение дав-

ления на входе в гидромотор (на выходе гидронасоса). Это обусловит взаимное нагружение гидронасоса и гидромотора, так как гидромотор при помощи гидронасоса создает расход жидкости, который сам не в состоянии через себя пропустить. В результате будет расти давление в напорной магистрали между гидронасосом и гидромотором, а следовательно, и нагрузка на испытываемых гидромашинах. Ограничить рост нагрузки можно за счет введения в напорную магистраль дополнительного разгрузочного гидравлического звена, например, предохранительный клапан КП.



Принципиальная гидравлическая схема стенда
для ресурсных испытаний гидромашин с рекуперацией энергии

Похожие технические решения предлагаются в работе [2], однако, во-первых, они значительно сложнее предлагаемой нами системы, а во-вторых, в ней не приводится математическая модель, позволяющая оценить динамику работы испытательного стенда.

Как отмечалось выше, механическая передача создает условие, при котором подача гидронасоса будет несколько превосходить потребный расход гидромотора, что приведёт к росту давления в магистрали, связывающей насос с гидромотором. Излишки рабочей жидкости будут сбрасываться из этой магистрали в гидробак через предохранительный клапан КП. Регулируя настройку предохранительного клапана, можно изменять давление в магистрали, связывающей гидромашины, тем самым регулировать величину их нагружения. Обратный клапан ОК предназначен для шунтирования гидромотора в процессе разгона и торможения гидронасоса.

Математическая модель стенда. При моделировании гидромеханической системы стенда были сделаны следующие основные допущения: температура рабочей жидкости в процессе работы стенда остаётся постоянной; проскальзыванием в механической передаче и пульсацией подачи гидронасоса и вращением гидромотора пренебрегаем; работа предохранительного и обратного клапанов описывается их гидромеханическими характеристиками.

Угловые скорости вращения совместного вала электродвигатель-гидронасос и вала гидромотора определим из уравнений:

$$\dot{\omega}_{\text{Н}} = \frac{1}{I_{\text{Э}} + I_{\text{Н}} + I_{\text{мех}}} \cdot \left(M_{\text{Э}} + M_{\text{М}} \cdot \eta_{\text{пер}} - M_{\text{Н}}\right); \quad (1)$$

$$\dot{\omega}_{\text{М}} = \frac{1}{I_{\text{М}}} \cdot \left(M_{\Sigma\text{М}} - M_{\text{М}}\right), \quad (2)$$

Здесь $I_{\text{Э}}$, $I_{\text{Н}}$, $I_{\text{М}}$ и $I_{\text{мех}}$ – центральные моменты инерции роторов электродвигателя, гидронасоса, гидромотора и момент инерции механической передачи, приведенный к валу электродвигателя соответственно; $M_{\text{Э}}$, $M_{\text{М}}$ и $M_{\text{Н}}$ – крутящие моменты, создаваемые электродвигателем, гидромотором и момент сопротивления вала гидронасоса соответственно; $M_{\Sigma\text{М}}$ – полный крутящий момент гидромотора; $\eta_{\text{пер}}$ – коэффициент полезного действия механической передачи.

Крутящий момент, создаваемый асинхронным электродвигателем, определим по уравнению:

$$M_{\text{Э}} = \frac{2M_{\text{кр}}S_{\text{кр}}S}{S_{\text{кр}}^2 + S^2}, \quad (3)$$

где $M_{\text{кр}}$ – критический крутящий момент электродвигателя; $S_{\text{кр}}$ – критическое скольжение электродвигателя; S – текущее значение скольжения электродвигателя.

Крутящий момент, создаваемый сопротивлением гидронасоса вращению его вала, определим по выражению:

$$M_{\text{Н}} = \frac{V_{0.\text{Н}}}{2\pi} \cdot \frac{p_{\text{Н}}}{\eta_{\text{гм.Н}}}, \quad (4)$$

где $V_{0.\text{Н}}$ – рабочий объём гидронасоса; $p_{\text{Н}}$ – давление на выходе гидронасоса; $\eta_{\text{гм.Н}}$ – гидромеханический к.п.д. гидронасоса.

Полный крутящий момент гидромотора определяем:

$$M_{\Sigma\text{М}} = \frac{V_{0.\text{М}}}{2\pi} \cdot p_{\text{М}}\eta_{\text{гм.М}}, \quad (5)$$

где $V_{0.\text{М}}$ – рабочий объём гидромотора; $p_{\text{М}}$ – давление на входе гидромотора; $\eta_{\text{гм.М}}$ – гидромеханический к.п.д. гидромотора.

Следует помнить, что в процессе проведения испытаний вал гидромотора и совместный вал электродвигатель-гидронасос вращаются с одинаковой скоростью, т.е. в этом случае выполняется равенство:

$$\omega_{\text{Н}} = \omega_{\text{М}}. \quad (6)$$

При математическом описании работы стенда давление в различных точках расчетной схемы (см.рисунок), в соответствии с методикой [3], определим из следующих зависимостей:

$$\dot{p}_1 = C_1(Q_{\text{Н}} - Q_{1\text{-}2}), \quad (7)$$

где p_1 – давление в точке 1 рассматриваемой схемы стенда (рис.1); C1 – приведенная объёмная жесткость участка 1 рассматриваемой схемы; QH – действительная подача гидронасоса; Q1-2 – расход рабочей жидкости в сечении 1 на участке трубопровода между точками 1 и 2.

$$\dot{p}_2 = C_2\left(Q_{1\text{-}2} - Q_{2\text{-}4} - Q_{2\text{-}3}\right), \quad (8)$$

где p_2 – давление в точке 2 рассматриваемой схемы; C_2 – приведенная объёмная жесткость участка 2 рассматриваемой схемы; $Q_{2\text{-}3}$ – расход

рабочей жидкости в сечении 2 на участке гидролинии между точками 2 и 3; $Q_{2\text{-}4}$ – расход рабочей жидкости в сечении 2 на участке гидролинии между точками 2 и 4.

$$\dot{p}_3 = C_3\left(Q_{2\text{-}3} - Q_{\text{КП}}\right), \tag{9}$$

где p_3 – давление в точке 3 рассматриваемой схемы; C_3 – приведенная объёмная жесткость участка 3 рассматриваемой схемы; $Q_{\text{КП}}$ – расход рабочей жидкости через предохранительный клапан.

$$\dot{p}_4 = C_4\left(Q_{2\text{-}4} + \mathrm{Q}_{\text{ОК}} - Q_{\text{М}}\right), \tag{10}$$

где p_4 – давление в точке 4 рассматриваемой схемы; C_4 – приведенная объёмная жесткость участка 4 рассматриваемой схемы; $Q_{\text{М}}$ – расход рабочей жидкости на входе гидромотора; $Q_{\text{ОК}}$ – расход рабочей жидкости через обратный клапан ОК.

Приведенная объёмная жёсткость участков цилиндрического трубопровода с рабочей жидкостью определяется по уравнению [3]:

$$C_{\text{пр.тр}} = \frac{E_{\text{ж}}}{V_{\text{тр}}\left(1 + \dfrac{d_{\text{тр}}}{\delta_{\text{ст}}}\dfrac{E_{\text{ж}}}{E_{\text{ст}}}\right)}, \tag{11}$$

где $V_{\text{тр}}$ – объём рассматриваемого участка трубопровода при атмосферном давлении; $d_{\text{тр}}$ и $\delta_{\text{ст}}$ – внутренний диаметр трубы и толщина её стенки соответственно; $E_{\text{ж}}$ и $E_{\text{ст}}$ – изотермический модуль упругости рабочей жидкости и модуль упругости материала стенки трубы соответственно.

Давление в точках 5, 6 и 7 будет равно потерям давления в соответствующих сливных магистралях, которые определяются с учётом режима течения жидкости по формулам:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{l_{\text{тр}}}{d_{\text{тр}}} \cdot \frac{Q^2}{\left(\dfrac{\pi d_{\text{тр}}^2}{4}\right)^2} \cdot \rho \cdot g\,, \tag{12}$$

где ρ – плотность рабочей жидкости; g – ускорение силы тяжести; λ – коэффициент гидравлического трения на соответствующем участке, который определяется по известным формулам в зависимости от режима течения и критерия Рейнольдса:

если Re ≤ 2320, то $\lambda = \dfrac{64}{\mathrm{Re}}$ – ламинарный режим;

если Re > 2320, то $\lambda = \dfrac{0{,}3164}{\mathrm{Re}^{0{,}25}}$ – турбулентный режим,

$\mathrm{Re} = \dfrac{4Q}{\pi d_{\text{тр}} \nu_{\text{ж}}}$ – основной критерий гидродинамического подобия течения рабочей жидкости (число Рейнольдса) на рассматриваемом участке; $l_{\text{тр}}$ и $d_{\text{тр}}$ – длина участка трубопровода и его внутренний диаметр соответственно; $\nu_{\text{ж}}$ – коэффициент кинематической вязкости рабочей жидкости; Q – расход рабочей жидкости на участке.

Уравнение (12) позволяет также определять расходы рабочей жидкости на различных участках трубопровода.

Действительную подачу гидронасоса и расход рабочей жидкости через гидромотор определим с учётом их объёмных потерь по уравнениям:

$$Q_{\text{Н}} = \frac{V_{0.\text{Н}}}{2\pi} \cdot \omega_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{об.Н}}; \tag{13}$$

$$Q_{\text{М}} = \frac{V_{0.\text{М}}}{2\pi} \cdot \frac{\omega_{\text{М}}}{\eta_{\text{об.М}}}, \tag{14}$$

где $V_{0.\text{Н}}$ и $V_{0.\text{М}}$ – рабочие объёмы гидронасоса и гидромотора соответственно; $\omega_{\text{Н}}$ и $\omega_{\text{М}}$ – угловые скорости вращения валов гидронасоса и гидромотора соответственно; $\eta_{\text{об.Н}}$ – текущее значение объемного к.п.д. гидронасоса; $\eta_{\text{об.Н}}$ – текущее значение объемного к.п.д. гидромотора.

Текущие значения объёмных к.п.д. гидромашин определим по уравнению:

$$\eta_{\text{об}} = 1 - \frac{1 - \eta_{\text{o.n}}}{p_n} \cdot p, \tag{15}$$

где $\eta_{\text{o.}n}$ – номинальное значение объёмного к.п.д. соответствующей гидромашины, принимается равным объёмному к.п.д. при номинальном перепаде давления на гидромашине; p_n – номинальный перепад давления на соответствующей гидромашине; p – соответственно текущее значение давления на выходе гидронасоса или на входе гидромотора.

Расход рабочей жидкости через предохранительный клапан КП определим из условия:

если $p_3 \le p_3 - p_{\text{КП.max}}$, то $Q_{\text{кп}} = 0$;

если $p_3 > p_3 - p_{\text{КП.max}}$, то $Q_{\text{КП}} = Q_{\text{КП.}n} \dfrac{p_3 - p_{\text{КП.max}}}{\Delta p_{\text{КП.}n}}$, (16)

где $p_{\text{КП.max}}$ – давление настройки предохранительного клапана КП; $Q_{\text{КП.}n}$ – номинальный расход рабочей жидкости через предохранительный клапан; $\Delta p_{\text{КП.}n}$ – перепад давления на предохранительном клапане при номинальном расходе жидкости через него.

Расход рабочей жидкости через обратный клапан ОК определим из условия:

если $p_5 \le p_4 + p_{\text{ОК.откр}}$, то $Q_{\text{ОК}} = 0$;

если $p_5 > p_4 + p_{\text{ОК.откр}}$, то $Q_{\text{ОК}} = Q_{\text{ОК.}n} \dfrac{p_5 - p_4 - p_{\text{ОК.откр}}}{\Delta p_{\text{ОК.}n}}$, (17)

где $Q_{\text{ОК.}n}$ – номинальный расход обратного клапана; $\Delta p_{\text{ОК.}n}$ – перепад давления на обратном клапане при номинальном расходе рабочей жидкости через него; $p_{\text{ОК.откр}}$ – давление открытия обратного клапана.

Заключение. Очевидно, что способ испытания с рекуперацией энергии значительно снижает экономические издержки в процессе испытания гидромашин, избавляет от необходимости использования вспомогательных устройств для создания нагрузки и отвода тепла, позволяет испытывать гидромашины большой мощности с произвольными рабочими объемами, применяя для их привода электродвигатели гораздо меньшей мощности, чем номинальная мощность испытуемых гидромашин. Предварительный анализ математической модели предложенного метода испытаний гидро-

машин в основном подтверждает его работоспособность и технические преимущества.

Следует отметить, что предлагаемая математическая модель решается одним из численных методов, который определяется в процессе решения конкретной задачи. Тогда же оговариваются и начальные условия для её решения.

Библиографический список

1. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем / Т.М. Башта. – М: Машиностроение, 1974.

2. Пономаренко Ю.Ф. Испытание гидропередач / Ю.Ф. Пономаренко. – М.: Машгиз, 1969.

3. Рыбак А.Т. Моделирование и расчёт гидромеханических систем на стадии проектирования / А.Т. Рыбак. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. – 167 с.

Материал поступил в редакцию 03.03.08.

A.T. RYBAK, A.V. SERDYUKOV

STAND FOR TEST HYDRAULIC MACHINES WITH RECUPERATION OF THE ENERGY

The principle scheme of the stand is offered for test the hydraulic machines with economy of the energy. Happens to its mathematical model and information about its preliminary analysis.

РЫБАК Александр Тимофеевич (р. 1953), профессор кафедры «Технологическое оборудование» ДГТУ. Окончил РИСХМ (1979) по специальности «Приборы точной механики».
Научные интересы связаны с исследованием гидромеханических систем и элементов автоматического регулирования и управления мобильных машин и технологического оборудования.
Имеет более 90 научных публикаций, в том числе авторские свидетельства СССР и патенты РФ.

СЕРДЮКОВ Алексей Владимирович, (р. 1979), аспирант кафедры «Технологическое оборудование» ДГТУ. Окончил НГМА (2001) по специальности «Мелиоративные машины».
Научные интересы связаны с исследованием гидромеханических систем и их элементов.
Имеет 5 научных публикаций.

dkozyrev@dstu.edu.ru

УДК 664.848:621.1.013

А. Н. ОСТРИКОВ, Ю. В. СКЛАДЧИКОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИПРАВ

Полученные данные по определению зависимостей коэффициентов внутреннего и внешнего трения от влажности белых кореньев пастернака, петрушки и сельдерея использованы при обосновании выбора рационального гидродинамического режима сушки, обеспечивающего равномерное перемешивание и минимальное истирание продукта и интенсификацию процесса сушки белых кореньев.
Ключевые слова: *коэффициент трения, влажность, белые коренья, гидродинамический режим, сушка.*

Введение. Поверхностные свойства – адгезионные и фрикционные – занимают особое место среди структурно-механических свойств пищевых продуктов. Коэффициенты внутреннего и внешнего трения являются одними из важнейших характеристик, определяющих физико-механические свойства белых кореньев пастернака петрушки и сельдерея. Знание этих коэффициентов позволяет организовать такой гидродинамический режим, обеспечивающий равномерное перемешивание и минимальное истирание продукта, и интенсифицировать процесс сушки белых кореньев.

Методы исследований. Целью работы является исследование коэффициентов внешнего и внутреннего трения для белых кореньев в зависимости от влажности продукта. В качестве объекта исследования использовали белые коренья пастернака, петрушки и сельдерея. Для проведения эксперимента были сформированы партии из 8-10 образцов. Пластинки белых кореньев имели ровную поверхность, одинаковую геометрическую форму и массу, не допускалось наличие трещин на поверхности продукта.

Установка для определения коэффициента внешнего трения пищевых продуктов (рис.1, 2) состоит из поворотного стола 1, на котором с помощью прижимных планок 2 крепится рабочая пластина 3, изготовленная из исследуемого фрикционного материала. На пластине располагают исследуемый пищевой продукт 4. Поворотный стол имеет возможность поворачиваться относительно горизонтальной плоскости на некоторый угол посредством рычажного механизма 5 и винта 6, снабженного штурвалом. Угол подъема поворотного стола определяют по угломеру 7. Элементы установки смонтированы на опорной раме 8 и плите 9.

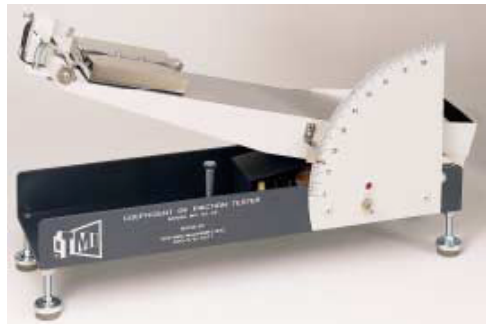


Рис.1. Установка для определения коэффициента внешнего трения

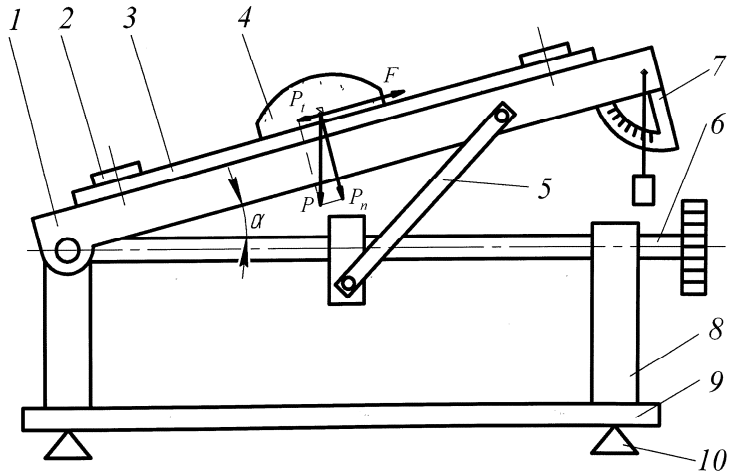


Рис.2. Схема установки для определения коэффициента внешнего трения: 1 – поворотный стол; 2 – прижимная планка; 3 – рабочая пластина; 4 – исследуемый продукт; 5 – рычажный механизм; 6 – винт; 7 – угломер; 8 – опорная рама; 9 – плита; 10 – установочный винт

Перед началом эксперимента установку устанавливают по уровню. Для этого плоский уровень устанавливают на плиту 9 (см.рис.2) параллельно каждой паре установочных винтов 10; регулировку производят этими винтами. Вращая штурвал винта 6, переводят поворотный стол в горизонтальное положение.

На поверхности поворотного стола располагают рабочую пластину, которую затем закрепляют прижимными планками. На рабочую пластину укладывают первый образец исследуемого пищевого продукта, отобранного из общей партии. Медленно вращая штурвал винта, посредством рычажного механизма, осуществляют подъем поворотного стола. В момент начала скольжения пищевого продукта по поверхности рабочей пластины подъем поворотного стола прекращают.

На поворотном столе, наклоненном под углом *a* к горизонту, находится продукт *M* с силой тяжести *P* (см.рис.2). Разложим силу *P* на две составляющие: P_n, перпендикулярную к поворотному столу, и P_t, параллельную ему. Составляющая P_t будет стремиться сдвинуть продукт *M* вниз по поворотному столу, а составляющая P_n будет прижимать продукт *M*, вызывая противоположные движению силы трения *F*, которые будут пропорциональны давлению.

Назовем угол *a*, составляемый полным давлением с нормалью к поворотному столу, т.е. угол, на который отклоняется полное давление, определяемый соотношением $tga=P_t/P_n$, углом отклонения. Далее будем увеличивать угол наклона поворотного стола. Тогда при некоторой величине угла наклона поворотного стола (назовем его a_{max}) силы трения будут превзойдены, и начнется скольжение тела по поворотному столу.

Составим уравнение равновесия всех сил, действующих на продукт *M*, для положения поворотного стола, весьма близкого к началу его движения.

Проектируя все силы на направление поворотного стола, имеем:

$$P\sin\alpha_{\max} - P\,f_{внеш}\cos\alpha_{\max} = 0\,, \qquad (1)$$

где $f_{внеш}$ – коэффициент внешнего трения.

Получаем

$$f_{внеш} \approx tg\,\alpha_{\max}\,, \qquad (2)$$

т.е. коэффициент трения равен тангенсу максимального угла наклона поворотного стола в момент начала скольжения. Назовем этот угол углом трения φ. Таким образом, имеем $f_{внеш} \approx tg\,\alpha_{\max} = tg\,\varphi$.

Экспериментальные исследования влияния влажности на коэффициент внутреннего трения проводили на приборе (рис.3), схема которого представлена на рис.4.

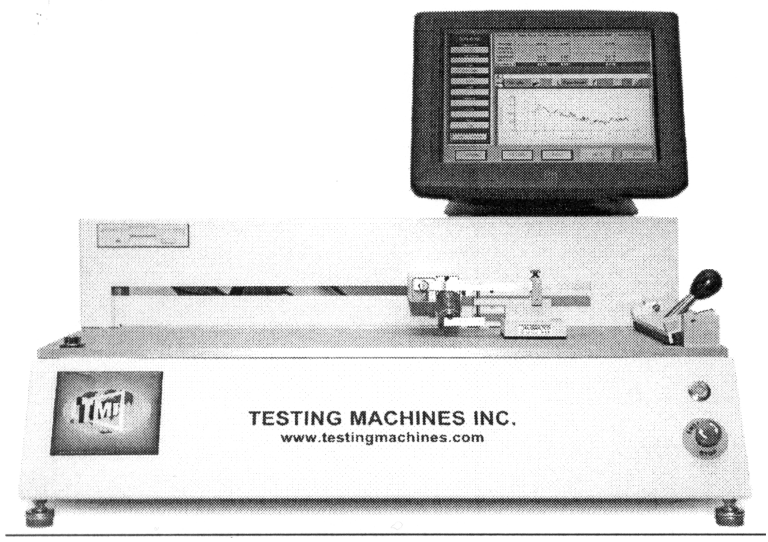


Рис.3. Установка для определения коэффициента внутреннего трения

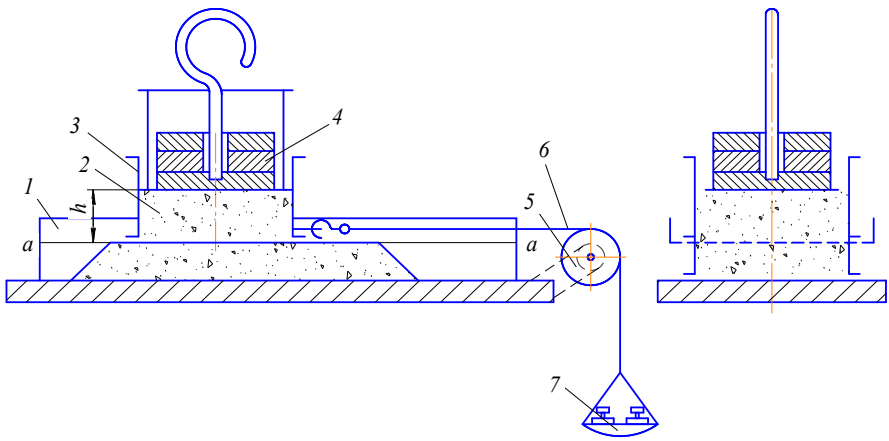


Рис.4. Схема установки для определения коэффициента внутреннего трения:
1 – лоток; 2 – сыпучий продукт; 3 – ящик; 4 – пластины;
5 – блок; 6 – нить;7 – чаша для гирь

Установка представляет собой тележку 2, на которую крепится сдвиговая ячейка 1. На ячейку устанавливается матрица 3 с навеской сыпучего продукта так, чтобы она могла скользить вдоль сдвиговой ячейки. Динамометр 4 крепят в горизонтальном направлении за опору с одной стороны, а с другой – за матрицу 3 с определенной навеской продукта. При установившемся движении тележки фиксируют показания динамометра.

Сначала определяют сопротивление движению пустого ящика по направляющим *а-а* по массе гирь, установленных на чашу, при котором ящик будет выведен из состояния покоя. Затем насыпают исследуемые коренья в лоток 1 до уровня направляющих *а-а* и выравнивают его поверхность. Установив ящик в исходное положение, насыпают в него продукт слоем h. На продукт кладут пластины 4 с известной массой и на чашку добавляют гири до тех пор, пока ящик не начнет медленно двигаться. Горизонтальная сила, приложенная в плоскости движения (плоскость соприкосновения продукта в лотке 1 и ящике 3), преодолевает силу трения, появившуюся в той же плоскости от массы продукта высотой *h* в ящике и массы *ΣG* пластин 4.

Нормальные напряжения скольжения определяем по формуле:

$$\sigma = \frac{\Sigma G}{\Omega} + h\,\gamma, \tag{3}$$

где ΣG – масса грузовых пластин, кг; Ω – площадь сечения ящика, см^2; h – высота слоя продукта в ящике между пластинами и плоскостью скольжения, см; γ – насыпная (объемная) масса продукта, кг/см^3 (определяется по количеству продукта в данном объеме ящика).

Предельные горизонтальные (касательные) напряжения сдвига (кг/см^2) будут определяться по формуле:

$$\tau = \frac{\Delta G \cdot (1 - \sqrt{2}\, W_{бл})}{\Omega}, \tag{4}$$

где ΔG – масса гирь на чаше за вычетом массы гирь при перемещении пустого ящика, кг; $W_{бл}$ – коэффициент сопротивления блока, при значительном диаметре блока (150-200 мм) и тонком шнуре можно принять равным нулю.

Величина коэффициента внутреннего трения исследуемого сыпучего продукта в покое определяем следующим образом:

$$f_{внутр} \approx tg\,\varphi = \frac{\tau}{\sigma}. \tag{5}$$

Коэффициенты внутреннего и внешнего трения для каждого образца определяют по нижеприведенной формуле. По результатам нескольких повторных опытов рассчитывали среднее арифметическое значение каждого коэффициента (см. таблицу):

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} f_i, \tag{6}$$

где i – порядковый номер опыта (образца); n – количество опытов (образцов).

Коэффициенты внешнего и внутреннего трения белых кореньев пастернака, петрушки и сельдерея

Влажность, %	Пастернак		Петрушка		Сельдерей	
	$f_{ср\ внеш}$	$f_{ср\ внутр}$	$f_{ср\ внеш}$	$f_{ср\ внутр}$	$f_{ср\ внеш}$	$f_{ср\ внутр}$
90	1,968	1,789	2,259	1,971	1,997	1,882
85	1,945	1,702	2,227	1,956	1,984	1,854
80	1,856	1,684	2,196	1,851	1,878	1,802
75	1,789	1,548	2,087	1,856	1,845	1,798
70	1,733	1,496	1,987	1,766	1,786	1,654
65	1,670	1,421	1,905	1,686	1,729	1,589
60	1,607	1,373	1,887	1,646	1,673	1,541
55	1,545	1,273	1,843	1,576	1,617	1,465
50	1,482	1,214	1,742	1,516	1,561	1,456
45	1,419	1,125	1,698	1,475	1,505	1,389
40	1,356	1,065	1,662	1,383	1,448	1,374
35	1,294	0,977	1,589	1,338	1,392	1,279
30	1,231	0,927	1,497	1,261	1,336	1,223
25	1,168	0,828	1,401	1,225	1,280	1,166
20	1,106	0,765	1,311	1,166	1,224	1,110
15	1,043	0,732	1,254	1,085	1,167	1,053
10	0,980	0,714	1,187	1,026	1,111	0,997

Результаты экспериментов. Анализ зависимостей $f = \varphi\ (W)$ (рис.5) свидетельствует, что коэффициенты внешнего и внутреннего трения увеличиваются с ростом влажности. Это объясняется переходом упругого контакта к пластичному, при котором увеличивается механическое сопротивление относительному перемещению соприкасающихся поверхностей.

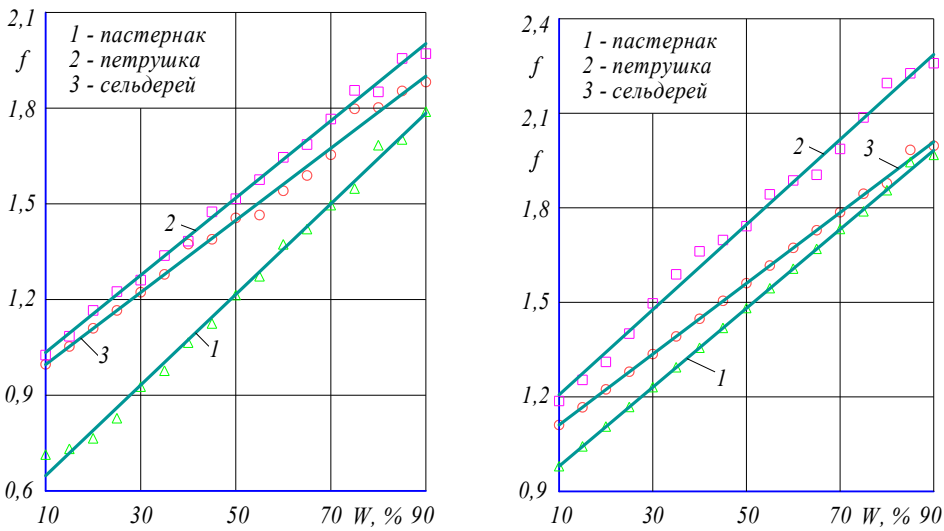


Рис.5. Зависимость коэффициента внутреннего (*а)* и внешнего (*б*) трения *f* от влажности *W*, % белых кореньев

Путем математической обработки экспериментальных данных были получены зависимости коэффициентов внешнего и внутреннего трения по стали от влажности белых кореньев (величина достоверности аппроксимации составила R^2=0,99).

Для пастернака:

$$f_{внеш.} = 0,0125 \cdot W + 0,8547\ ,\ f_{внутр} = 0,0142 \cdot W + 0,5059\ ; \qquad (7)$$

для петрушки:

$$f_{внеш.} = 0,0135 \cdot W + 1,0717\ ,\ f_{внутр} = 0,0121W + 0,9132\ ; \qquad (8)$$

для сельдерея:

$$f_{внеш.} = 0,0112 \cdot W + 0,9987\ ,\ f_{внутр} = 0,0113 \cdot W + 0,8832\ . \qquad (9)$$

Полученные значения коэффициентов внутреннего и внешнего трения позволяют подобрать такой гидродинамический режим их перемешивания на перфорированной ленте, имеющей синусоидальную форму, который позволяет обеспечить равномерное перемешивание и минимизировать истирание продукта, что свидетельствует о повышении качества готовой продукции.

Примером такого гидродинамического режима является сушка продукта в сушилке с гибкой перфорированной лентой, имеющей форму «бегущей волны», причем во впадинах «бегущей волны» происходит пересыпание плотного слоя (рис. 6).

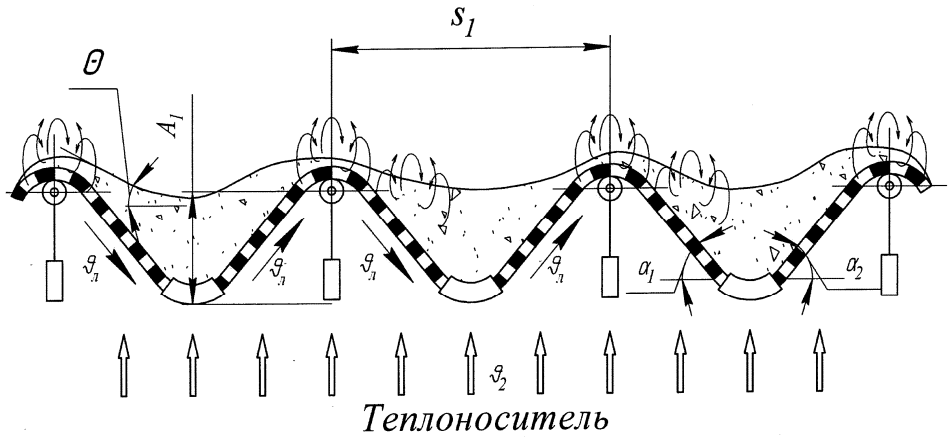


Рис.6. Расчетная схема сушки белых кореньев на гибкой перфорированной ленте, имеющей форму «бегущей волны»: A_1 – амплитуда «бегущей волны»; h – высота слоя продукта над гребнем «бегущей волны»; α_1 и α_2 – соответственно угол наклона переднего и заднего гребня «бегущей волны»; θ – угол естественного откоса продукта; S_1 – шаг «бегущей волны»; $\upsilon_л$ – скорость движения ленты; υ_1 – скорость движения теплоносителя

За счет его формы, близкой к синусоидальной, продукт распределяется с разной удельной нагрузкой, которая постепенно уменьшается в течение процесса сушки вследствие изменения влажности. При этом гибкая перфорированная лента начинает совершать волнообразные движения, заставляя продукт перемещаться вдоль него. Интенсификация процесса сушки обусловлена за счет непрерывного обновления поверхности зернистого продукта, контактирующего с теплоносителем, а также высоких коэффициентов теплопроводности и теплоотдачи. Это связано с турбулиза-

цией потока теплоносителя в слое продукта в результате соударений частиц при перемещении и нарушением газовых прослоек, ликвидацией застойных зон.

Заключение. Рассмотренный способ сушки сыпучих продуктов позволяет достигнуть равномерной сушки вследствие использования мягких, щадящих режимов пересыпания при максимальном сохранении частиц обрабатываемого продукта и повысить качество готового продукта за счет использования пересыпающегося слоя, снижающего комкование высушиваемого продукта и предотвращающего образование агломератов дисперсного продукта.

Библиографический список

1. Авдеев Н.Е.Перспективные типы центробежных и гравитационных сепараторов: теория и анализ конструкций / Н.Е. Авдеев и др. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. – 637 с.

2. Остриков А.Н. Кинетика комбинированных режимов сушки кореньев пастернака / А.Н. Остриков, Ю.В. Складчикова // Инновационные технологии переработки сельскохозяйственного сырья в обеспечении качества жизни: наука, образование и производство: мат. Междунар. науч.-практ. конф. / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2008. – С. 292-293.

Материал поступил в редакцию 21.01.09.

A.N. OSTRIKOV, J.V. SKLADCHIKOVA

RESEARCH FRICTION PROPERTYES OF SEASONINGS

The received data by definition of dependences friction factors from humidity of parsley, parsnip and celery are used at substantiation of choice of rational hydrodynamical mode of the drying providing uniform mixing, maximum preservation of particles and intensification of their drying process.

ОСТРИКОВ Александр Николаевич (р. 1995), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Воронежской государственной технологической академии, доктор технических наук (1993), профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Научные интересы: процессы и аппараты пищевых производств.
Имеет свыше 600 научных публикаций.

СКЛАДЧИКОВА Юлия Владимировна, аспирантка кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Воронежской государственной технологической академии.
Область научных интересов: процесс сушки пищевых продуктов.
Автор 5 научных публикаций.

skladchikova@mail.ru

УДК 007:631.2

Л.В. БОРИСОВА

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОДСИСТЕМЫ «КОНСТРУКЦИЯ» ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКСПЕРТ»

Рассмотрена архитектура одной из подсистем экспертной системы для регулировки и поиска неисправностей в зерноуборочных комбайнах.
Ключевые слова: *экспертная система, зерноуборочный комбайн, регулировка, неисправности.*

Введение. Процессы регулировки рабочих органов сельскохозяйственных машин и поиска причин неисправностей в агрегатах и системах машины неразрывно связаны с конструкцией машины. Знания о конструкции машины являются "платформой" для экспертной системы, решающей задачи оптимальной регулировки и поиска неисправностей. Таким образом, представление знаний о конструкции машины должно предшествовать и служить базой для дальнейшей формализации и структуризации знаний в рассматриваемых предметных областях.

Формализация знаний. Зерноуборочный комбайн представляет собой множество К, состоящее из конечного числа элементов. Существуют различные способы задания множеств [1]. Так как в нашем случае множество К конечно, то К можно задать простым перечислением его элементов - деталей (g_i): К={g_1, g_2, ..., g_i, ..., g_n}. Другими словами, К={планка, кронштейн, сегмент, палец, ...}. При этом число элементов множества К называют его мощностью ($|К|$).

Следует отметить, что конкретный комбайн является объектом совокупности более высокого иерархического уровня. Тогда удобно зафиксировать совокупность допустимых объектов явным образом и считать, что рассматриваемые множества являются подмножествами этой совокупности, которая называется универсумом, т.е. множество комбайнов ("СК-5М", "Дон-1500", "Вектор" и др.) является подмножеством универсума "Зерноуборочная техника".

Другой способ определения множества К основан на представлении зерноуборочного комбайна как совокупности агрегатов и систем, например, жатка, молотилка, измельчитель и т.д. В этом случае множество К определяется как объединение множеств A_i. Если A_i - это агрегаты, из которых компонуется комбайн, то

$$К=\{A_1, A_2, ..., A_n\} \text{ или } К=\bigcup_{i=1}^{n} Ai. \quad (1)$$

Элементы множества находятся в некоторых отношениях между собой или с элементами других множеств. Так, множество деталей жатвенной части, например $\{A_1\}$, является подмножеством К, то есть $A_1 \in К$, или $A_2 \in К$ (где A_2 – множество элементов электронной системы управления и контроля параметров рабочих органов комбайна). Точно так же $A_{11} \in A_1$, то есть множество деталей мотовила (A_{11}) является подмножеством жатвенной части (A_1).

Согласно аксиоме регулярности [2] любая убывающая последовательность отношений множество-элемент является ограниченной. Этой аксиомой устанавливается, что иерархическая структура комбайна ограничена снизу, то есть в структуре имеется самый крайний элемент. Иначе говоря, существуют единичные множества (детали). Этот факт важен при рассмотрении области применения экспертной системы и, соответственно, уровне дробления / обобщения предметных областей для обработки информации. Например, в полевых условиях мы можем рассматривать как единичное множество отдельный агрегат гидросистемы (или блок АСК) и при поиске причин неисправностей в данной системе ограничиться фактом установления отказа именно этого агрегата (блока) и дальнейший поиск прекратить.

Имеет место тесная связь между операциями над множествами и логикой предикатов. Для выражения логических связей между различными понятиями и утверждениями целесообразно использовать язык логики предикатов. Предикат представляет собой логическую функцию P(x), принимающую значения 0 или 1 (ложь или истина) в зависимости от состояния аргумента [1]. Значения аргумента x выбирается из некоторого множества M объектов ($x \in M$). В общем случае нижеприведенную функцию называют n-местным предикатом:

$$P(x_1, x_2, ..., x_n). \quad (2)$$

В выражении (2) аргументы $x_1, x_2, ..., x_n$ называются предметными переменными: например, "x – деталь", "x – сборочная единица", "x – агрегат" – это одноместные предикаты P(x); "x состоит из y и z" – трехместный предикат P(x,y, z). Конкретные значения аргументов называют предметными постоянными. Предметные переменные и предметные постоянные образуют класс логических понятий, называемых термами.

При описании конструкции сельскохозяйственной машины представлять информацию об объекте целесообразно посредством предикатов: consist (из чего состоит); work (как работает); function (какую функцию выполняет); place (место нахождения); character (техническая характеристика; grafik (графическое изображение).

В общем случае состав машины описывается многоместным предикатом consist:

$$consist(A,[B,C,Д,...]). \quad (3)$$

Здесь A - аргумент, представляющий название машины или ее узла; [B,C,Д,...] - список основных агрегатов, узлов или деталей машины соответственно. Далее можно записать:

$$consist(B,[B1,B2,B3,...,Bn]), \quad (4)$$

где B1,B2,B3,...,B_n- список основных сборочных единиц агрегата B.

Для описания местонахождения агрегатов, рабочих органов или механизмов машины используется предикат place:

$$place\ (A,AP), \quad (5)$$

где A – аргумент, представляющий название агрегата, рабочего органа или механизма; AP - аргумент строкового типа, раскрывающий ориентацию объекта с именем A относительно направления движения машины и указывает базовую точку отсчета. В частном случае схема ориентации предусматривает в качестве точек отсчета базовые объекты, например: комбайн, жатка, молотилка, кабина:

place(жатка, (спереди, по оси, внизу комбайна)).

Для описания работы рабочих органов и механизмов используется предикат work:

work (A,AW), (6)

где AW - аргумент, представляющий собой словарную статью, в которой раскрываются принцип работы устройства, последовательность действий отдельных его частей и т.п. Например, work(жатка). При перемещении жатки вращающееся мотовило подводит стебли к режущему аппарату, который срезает их. Далее срезанные стебли за счет сил инерции и воздействия мотовила поступают на шнек жатки, который направляет срезанную массу в центр жатки. Образованный шнеком валок растительной массы поступает в наклонную камеру, предварительно пройдя через проставку, которая служит для уплотнения валка.

Близкий по смыслу к предикату work предикат function кратко описывает назначение рабочего органа или механизма. В общем виде данный предикат имеет вид:

function(A,AF), (7)

где AF - аргумент, раскрывающий функцию, которую выполняет объект A.

Например, function(бункер,накапливает зерновую смесь).

Для изучения технической характеристики объекта используем предикат character:

character (A,AC), (8)

где AC - аргумент, представляющий словарную статью, содержащую основные характеристики объекта. Например, character(молотильный барабан, длина_1200_мм, диаметр_800_мм, число бичей_10) и т.д.

Совокупность выражений (3) – (8) представляет собой модель объекта, представленной группой предикатных формул. Таким образом, информация о конструкции исследуемого объекта может быть описана в одинаковой форме, что очень важно при формализации предметной области и представлении информации на машинных носителях.

Описание работы комбайна представляется двухместным предикатом:

Q(x,y),

где Q - предикат выполнять; $x \in K$, а $y \in Ф$, где Ф - множество выполняемых работ различными рабочими органами (механизмами, машинами и т.д.). Предикат Q описывает упорядоченное множество, для задания которого вводится понятие кортежа (вектора). По сути дела, предикат Q представляет собой набор упорядоченных пар рабочий орган - функция и называется кортежем длины два или бинарным. Декартовым произведением множеств $K \bullet Ф$ будем называть множество C, состоящее из всех кортежей длины n.

Предикаты, которые используются в представлении знаний, обычно являются предложениями. С использованием кванторов общности $\forall$ и существования $\exists$ можно определить составную формулу логики предикатов, называемую правильно построенной формулой (ППФ) [1]. В общем случае применение квантора к n-местному предикату превращает его в (n-1)-мерный предикат.

Выражение $\forall x \exists y Q(x,y)$ превращается в высказывание: любой рабочий орган (агрегат и т.д.) что-то выполняет (истинно). При этом аргумент x принадлежит описываемому ранее универсуму, а $y \in Ф$.

Высказывание типа "жатка включает в себя мотовило, которое обеспечивает подвод растений к режущему аппарату" на символическом языке логики предикатов будет иметь вид:

$$\exists y(\text{включает}(x,y) \wedge \text{выполнять}(y,z)).$$

Здесь x - жатка; включает(x,y) - жатка включает y; выполнять(y,z) - рабочий орган выполняет z; y - мотовило; z - словарная статья с описанием работы рабочего органа.

Таким образом, рассмотренный математический аппарат позволяет формализовать, структурировать знания о конструкции машины (понятия и их связи) и представить их на машинных носителях в виде формализмов (на каком-либо языке программирования).

Структура подсистемы «Конструкция». Для достижения поставленной цели разработана структура интеллектуальной информационной системы (экспертной системы), которая содержит как традиционные блоки, так и специальные (рис.1).

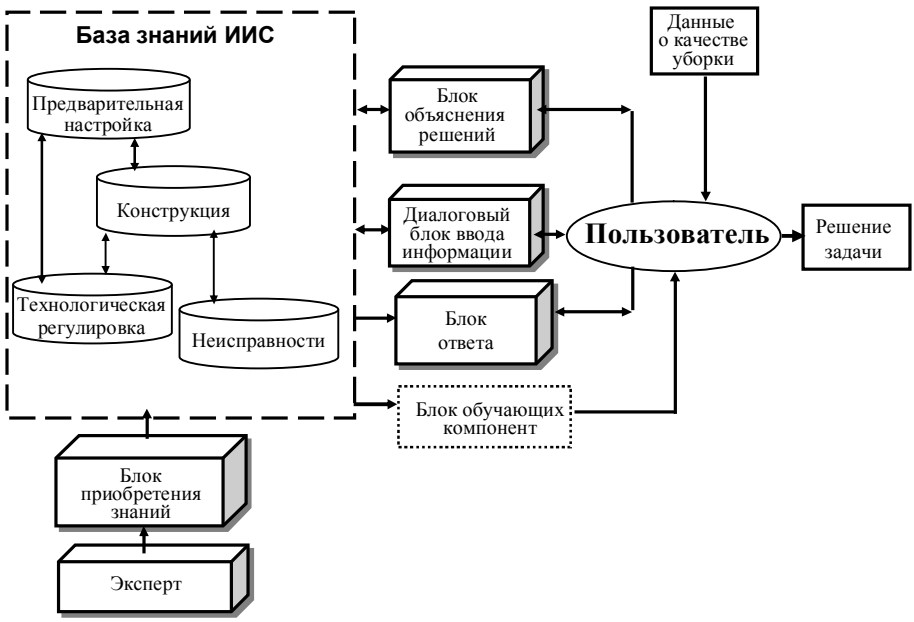


Рис.1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса «Электронный эксперт»

Пользовательский интерфейс является одной из важнейших компонент любого программного продукта, рассчитанного на широкое применение. В рассматриваемой ИИС используются три типа диалогов: диалог типа меню; диалог типа вопрос-ответ; диалог на основе экранных форм. Сценарий диалога с пользователем представлен в виде древовидного графа диалоговых процедур, в котором корневой элемент графа является точкой инициализации диалога, а терминальные элементы точками выхода. Помощь пользователю вызывается указанием курсора на строку в меню. При этом предоставляется текстовая информация о работе системы и о возможных действиях пользователя. Большое внимание необходимо уделять разработке эффективного интерфейса с пользователем, так как зачастую

у пользователя нет достаточно развитых навыков работы на ПК. Поэтому наличие подсистемы помощи (подсказок) становится актуальной [3]. Структурирование информации обеспечило не только последовательную работу с текстом, как при обычном чтении, но и произвольный доступ к другим элементам (текст, графика). В ИИС используются подсистемы мультимедиа, которые существенно увеличивают наглядность и позволяют облегчить работу пользователей, непривычных к использованию компьютеров [4].

Описание конструкции сельскохозяйственной машины является связующим звеном между подсистемами «Предварительная настройка», «Корректировка технологических регулировок». Программа состоит из двух блоков: оболочка и база данных [5-7]. Оболочка – программа, которая, используя стандартные методы обработки данных, производит выборку элементов из базы данных, их добавление, корректировку и удаление, а также формирует древовидную структуру из таблицы, представленной в базу данных (БД). Оболочка представляет собой формализованные процедурные знания, а БД – декларативные знания о конструкции машины. Пользователь всегда видит только оболочку.

Для удобства восприятия данные представляются в древовидной структуре (рис.2). Особенностью данной структуры являются отношения

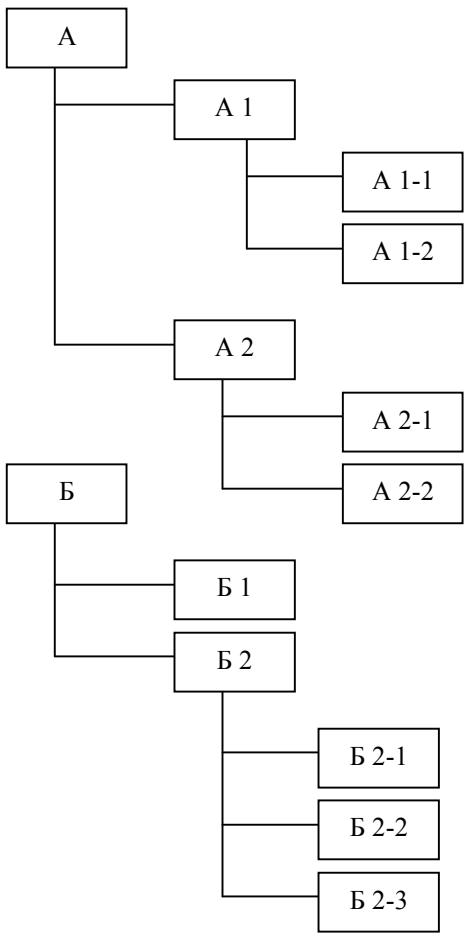


Рис.2. Древовидная структура

«родитель - потомок». Например, элемент «А 1» является потомком «А», и следовательно, «А» является родителем «А 1». Любой элемент может иметь неограниченное количество потомков. В рамках решаемой задачи потомками будут считаться только прямые потомки, т.е. «А 1» и «А 2» - потомки «А»; «А 1-1» и «А 1-2» - потомки «А 1», но не «А». Данное замечание имеет место, поскольку для построения дерева из таблицы надо знать только индекс текущего элемента и индекс его родителя. Представленные на рисунке элементы «А» и «Б» являются корневыми потому, что не имеют родителей.

Данные отношения позволяют представить древовидную структуру в виде одной таблицы, что необходимо для хранения данных в БД. Для примера структура, изображенная на рис.2, представлена в виде табл.2.

Таблица 2

Поля базы данных

Номер*	Родительский	Название	Описание	Рисунок
1	0	А		
2	0	Б		
3	1	А 1		
4	1	А 2		
5	2	Б 1		
6	2	Б 2		
7	3	А 1-1		
8	3	А 1-2		
9	4	А 2-1		
10	4	А 2-2		
11	6	Б 2-1		
12	6	Б 2-2		
13	6	Б 2-3		

Поле «Номер» во избежание ошибок должно быть автоинкрементным, т.е. каждое новое значение должно быть на единицу больше, чем последнее добавленное (а не последнее существующее). Важно отметить, что если добавить в пустую таблицу сто записей, а затем удалить пятьдесят, то следующее добавленное значение должно быть с номером «101», но не «51».

В том случае, если у многих родителей в качестве потомка встречается один и тот же элемент, то этот элемент должен быть продублирован для каждого предка соответственно. Если данное условие является неприемлемым, то необходимо менять структуру БД по ситуации. Например, добавлять поле «Номер родителя № 2», «Номер родителя № 3» и т.д., но это вызовет множество сложностей, которые надо предусмотреть (такие, как каскадное удаление). В родителе удаляемого предка происходит очистка поля «Номер родителя № 2» вместо его полного удаления.

Структура «Родитель» – «Потомок» делает возможным точную идентификацию любой записи. Заполнение такой таблицы осуществляется следующим путем:

- Заполняются все коренные элементы (уровень 1). В табл.2 коренные элементы имеют номера 1 и 2. Родительский номер у коренных элементов должен быть меньше наименьшего номера среди всех элементов, т.е. для родительского элемента был выбран ноль.
- Заполнить все элементы, у которых родителем является коренной элемент (уровень 2).
- Заполняются все элементы, у которых родитель – элемент уровня 2.
- … до последнего уровня.

Формат «Paradox 7» позволяет хранить форматированный многострочный текст в самой БД. Для этого выделен специальный тип поля – Formatted Memo, а для рисунков и фото – Graphic. Дополнение такой таблицы осуществляется путем добавления в конец таблицы строки со следующими значениями полей: автоинкрементный номер, номер родителя, название, описание, картинка.

При добавлении нового элемента пользователь должен выбрать родителя, указать название, ввести описание и назначить картинку. При редактировании элемента номера остаются неизменными. Доступно для редактирования только название, описание и картинка. При удалении элемента из БД удаляются и все его потомки, и потомки потомков (вся ветка). Номера удаленных элементов больше никогда не могут быть использованы в БД. Новым элементам нужно присваивать новые (не использованные номера).

На рис.3 представлен вид окна интерфейса пользователя при изучении конструкции машины, а на рис.4 приведен пример экрана для редактирования базы знаний экспертом.

Рис.3. Вид окна пользователя при изучении конструкции машины:
а – древовидная структура; б – текстовая статья и рисунок; 1 – клавиша; 2 – вал

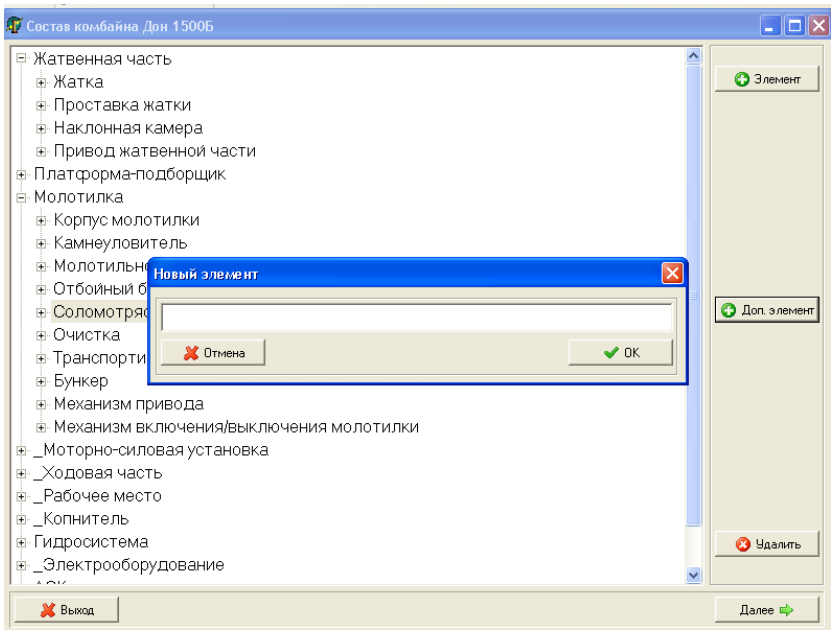


Рис.4. Пример экрана для редактирования базы знаний экспертом

Заключение. Созданные на основе модели база знаний и механизм вывода решений составляют основу интеллектуальной информационной системы, использование которой в практических условиях позволяет снизить время на технологические простои и сократить потери урожая. Практической реализаций разработанных алгоритмов является создание программных средств для автоматизированного решения задачи, на которые получены 4 свидетельства на интеллектуальную собственность (№ 2006613272, №2006612454, № 2006613274, № 2007610651). Использование экспертной системы в практических условиях при проведении технологической настройки с использованием ЭС позволило уменьшить затрачиваемое время в 2 – 5 раза по сравнению с традиционными методами.

Библиографический список

1. Представление и использование знаний / под ред. Уно Х. – М.: Мир, 1989. – 220 с.

2. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. – Киев: Техника, 1975. – 768 с.

3. Коутс Р. Интерфейс "человек-компьютер"; пер. с англ. / Р.Коутс, И.Влейминк. – М.: Мир, 1990. – 502 с.

4. Чернышев Ю.О. Исследование вариантов оптимизации информационного обеспечения САПР СБИС, в том числе и нанометровой геометрии, при помощи методов эволюционной и параметрической адаптации. / Ю.О. Чернышев, Н.Н. Венцов. // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»– Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2008. – №5 (82).

5. Борисова Л.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613273. Навигатор по электрической схеме ком-

байна для пользователя / Л.В.Борисова, В.П. Димитров, В.М. Марков. – № 2006612454, заявл. 17.07.06, зарег. 15.09.06.

6. Борисова Л.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613274. Навигатор по конструкции зерноуборочных комбайнов для пользователя / Л.В.Борисова, В.П. Димитров, В.М. Марков, Димитров Е.В. – № 2006612455, заявл. 17.07.06, зарег. 15.09.06.

7. Борисова Л.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007611656. Система ввода информации по конструкции зерноуборочного комбайна / Л.В.Борисова, В.П.Димитров, В.М.Марков, Е.В.Димитров. – № 2007610651, заявл. 20.02.07, зарег. 20.04.07.

Материал поступил в печать 10.02.09.

L.V. BORISOVA

«ELECTRONIC EXPERT» EXPERT SYSTEM SUBSYSTEM'S «DESIGN» CONSTRUCTION FEATURES

One of the expert system for maintenance service of combine harvester subsystem's structure will be carried out.

БОРИСОВА Людмила Викторовна, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент в машиностроении» РГАСХМ, доктор технических наук (2008), профессор. Окончила РГАСХМ (1991).
Сфера научных интересов: статистика, системы информационного обеспечения жизненного цикла продукции, менеджмент качества.
Имеет 195 научных публикаций (в том числе 11 учебных пособий и монографий).

moment04@yandex.ru

УДК 614.8:331.45

Л.Н. АЛЕКСЕЕНКО

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ УЧАСТКОВ ОБКАТКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Получены полиномиальные зависимости, которые могут быть использованы для теоретического расчёта наиболее вероятного содержания вредных веществ в газах на различных режимах работы машин при обкатке и испытаниях, что позволит в дальнейшем прогнозировать качество воздушной среды в производственных помещениях обкаточных участков, а также оптимизировать с позиций энергоэффективности режимы работы систем вентиляции.

Ключевые слова: *моделирование, вредные вещества, обкатка, загазованность, рабочая зона, вентиляция.*

Введение. При испытаниях сельскохозяйственной техники в производственных помещениях обкаточных участков, когда ассимиляция отработанных газов (ОГ) работающего двигателя машины ограничивается объемом помещений, основные продукты горения при неправильно спроектированной вентиляции или в аварийной ситуации (разгерметизация отвода ОГ) могут создавать серьезные проблемы для жизни и здоровья работающих. Не разведённые воздухом выхлопные газы непригодны для дыхания и смертельно опасны для жизни из-за наличия в них токсичных составляющих. Особенно это относится к оксидам углерода, азота, саже и некоторым канцерогенам. Поэтому не вызывает сомнения, что задача снижения вредного воздействия выбросов испытуемых машин на воздушную среду рабочих зон (РЗ) участков обкатки является актуальной.

Для решения данной задачи на первом этапе исследований необходима разработка достоверной методики инвентаризации производственных вредностей, а именно уточнённый расчёт поступления от двигателя машины массового количества вредных веществ (ВВ) в рабочую зону для последующего определения потребных воздухообменов на вентиляцию, совершенствование методов контроля и оценки опасных и вредных химических факторов.

Методы определения выделения вредных веществ в воздух РЗ. Определение выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны от технологических операций при сжигании топлива в двигателях во время испытаний, обкатки и ремонтном обслуживании машиностроительной техники может производиться инструментально-аналитическим или расчётным методом [1], [2].

Инструментально-аналитический метод основан на инструментальных замерах объёмного выхода загрязнённого вентиляционного воздуха или отработанных газов и концентраций вредных веществ в условиях оптимальной загрузки. Указанный метод предпочтителен в условиях дейст-

вующего производства и заменяется расчётным в случае невозможности проведения замеров.

Расчётный метод (метод удельных показателей) даёт лишь ориентировочные нормативные значения выделения ВВ с учётом химического состава и свойств топлива, конструктивных особенностей и видов испытываемых машин, оптимальных технологических параметров ведения ремонтно-обслуживающего процесса, обеспечивающего максимальную производительность оборудования. Этот метод использует, как правило, экспериментальные и расчётные данные о количестве вредных веществ, выделяемых двигателями машин в ходе выполнения технологического процесса (обкатка, испытания, ремонт) или отдельных его операций, приведённые к характерной единице измерения (в нашем случае к единице массы расходуемого топлива или к единице мощности стенда или машины).

Расчётный метод применяется при проектировании предприятий, для прогнозирования, статистической отчётности и при составлении планов мероприятий по улучшению условий труда. Однако текущий контроль на предприятиях машиностроения так же, как инспекционные проверки, выполняется инструментально-аналитическим методом. Этот метод является более достоверным и на основе его подтверждаются или опровергаются оценочные расчётные величины выделения вредных веществ в рабочую зону. Поэтому совершенствование и развитие вышеприведённых методов определения выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны испытательных, обкаточных участков машиностроительных предприятий представляется актуальным. Существует большое количество различных методик, где предлагается расчётным методом, основанным в основном на удельных показателях, определять выбросы загрязняющих веществ [4-6].

Из обзора действующих методик инвентаризации выбросов ВВ при обкатке машин и других технологических операциях следует, что не всегда полно учитывается спектр выделяемых ВВ, зачастую отсутствуют данные о выбросах на некоторых режимах работы двигателя машины (табл. 1). Кроме того, следует заметить, что все методики разработаны до 1998 г. и нуждаются в корректировке и уточнении. В течение последних 10 лет в России постепенно внедряются экологические европейские стандарты на выбросы токсичных компонентов с ОГ двигателей внутреннего сгорания (начиная с ввода в 1999 г. EURO1), поэтому данные методик в значительной степени устарели. В настоящее время промышленность практически прекратила выпуск карбюраторных двигателей, значительно увеличив долю инжекторных и дизельных двигателей внутреннего сгорания с улучшенными технико-экологическими характеристиками. Кроме того, имеется проблема, с одной стороны, необходимости учёта ВВ, которые ранее не имели санитарно-гигиенических нормативов (например, с 2006 г. установлена ПДК на CO_2), а с другой, необходимость введения технических нормативов выбросов (ТНВ) ряда высокотоксичных ВВ (ТНВ на бенз(а)пирен не разработан до настоящего времени). Вместе с тем, в рабочую зону испытательных участков при ТО и ТР, где постоянно находятся рабочие и где режим работы равномерный (постоянные рабочие места), расчёты вентиляционных обменов воздуха обычно ведут на ПДК оксида углерода CO, относя их к одному часу работы. Таким образом, наиболее токсичный из всех химических компонентов, выделяемых в рабочую зону машинами – бенз(а)пирен – не учитывается. Не

учитывая бенз(а)пирен и альдегиды в расчетах, можно допустить серьёзные ошибки при определении потребного воздухообмена и выборе мощности силовой установки вентиляционной системы. Тем самым может быть не достигнуто необходимое качество воздуха в РЗ и не обеспечены допустимые условия труда работников. Вышеизложенное свидетельствует о необходимости разработки уточнённой методики расчёта выделения ВВ с целью последующего определения потребных воздухообменов помещений обкаточных, испытательных участков и зон технического обслуживания и текущего ремонта машиностроительных предприятий. Несмотря на значительный объем исследований, вопросы оценки негативного воздействия двигателей внутреннего сгорания машин на воздушную среду РЗ требуют дальнейшей разработки. Речь идёт о необходимости исследования динамики выбросов ВВ как при стационарных режимах работы, так и на неустановившихся режимах в РЗ и на территории предприятия.

Таким образом, необходима современная расчётная методика, которая бы учитывала расширенный спектр выделяемых ВВ, режимы работы двигателя, особенности технологических операций и была бы основана на надёжном эмпирическом материале, полученном при экологическом контроле выбросов машин.

Теоретические основы инвентаризации. Модель выделения вредных веществ в РЗ при обкатке машин. Согласно [1] количество ВВ, выделяемое в воздушный бассейн производственного помещения, определяется по формуле:

$$M_{BB}^{i} = 3.6 \cdot K_{N}^{i} \cdot (1 - \eta \cdot \varphi), \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где M_{BB}^{i} - часовой выброс *i*-го ВВ в воздух рабочей зоны производственного помещения от одной машины; K_{N}^{i} - удельный показатель выделения *i*-го ВВ при различных технологических операциях (перемещения, пуск, проверка двигателя, обкатка, выезд), г/с; η - степень очистки устройства очистки газов (УОГ), установленного на стенде (обкатка, испытания, диагностирование); φ - эффективность работы местного отсоса у обкаточного (испытательного) стенда.

При обкатке на стендах, как правило, не оборудованных системой очистки, формула (1) преобразуется следующим образом:

$$M_{BB}^{i} = 3.6 \cdot K_{N}^{i} \cdot (1 - \varphi), \text{ кг/ч}. \quad (2)$$

Величины K_{N}^{i} по видам операций технологического процесса выбираются из справочных таблиц [1] и отнесены к 30-минутному интервалу осреднения. Удельные количества выделяемых вредных веществ при максимальном расходе топлива (г/с) рассчитываются либо на основании регуляторных характеристик [3], относительно 30-минутного интервала осреднения с наибольшим расходом топлива за весь период обкатки (формула (2.3) [3]), либо на основании данных о расходе топлива двигателем (турбокомпрессором) при номинальной мощности N_i (кг/ч) (формула (2.4) [3]). В данных формулах используется K_{m}^{X} - удельный показатель выделения вредных веществ при сжигании топлива (г/кг) (табл.2.1 [3]), полученный для "условного" двигателя внутреннего сгорания при усреднённом режиме его работы.

Таблица 1

Выделение вредных веществ на стендах испытаний сельскохозяйственных дизельных машин (технологическая операция – обкатка) N = 260-525 л.с. (двигатели ЯМЗ-238Е, К-741)

Методика, расчетный метод, вид норматива	CO, г/с			NO_x, г/с			C_nH_m, г/с			Б(а)П, г/с **			C, г/с *			R_xCOH, г/с *			SO_x, г/с *			Пары ДТ, г/с *		
	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)	N_{xx} (xx)	$\bar{N}$= 0.5 (ср)	$\bar{N}$=1 (max)
I		-	0,964	-	-	0,386	-	-	0,289	-	-	2,9	-	-	149	-	-	-	-	-	193	-	-	
II (пересчет)	-	0,10	0,2	-	0,1	0,2	-	0,015	0,03	-	-	-	-	5,7	11,4	-	-	-	-	-	-	-	-	
III	-	0,43	1,71	-	0,34	1,69	-	0,018	0,037	-	0,65	2,64	-	71,7	290,2	-	4,6	10,2	-	33,9	171,5	-	34,1	
IV	0,048	0,208	0,416	0,016	0,45	0,91	0,008	0,06	0,13	-	-	-	1,1	30	60	-	-	-	1,6	22	44	-	-	
V	-	0,13	0,82	-	0,86	2,59	-	0,01	0,077	-	0,51	2,72	-	23,8	164,8	-	0,8	21,6	-	42,3	169,2	-	-	
VI	-	0,11	0,648	-	-	-	-	0,083	0,19	-	0,38	3,48	-	-	-	-	-	-	-	58,2	136	-	-	

Примечания: *- умножить на 10^3; ** - умножить на 10^6; N – относительная мощность;

I – Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ для машиностроительных заводов и ремонтно-обслуживающих предприятий, 1991 г;

II – Международный стандарт на выбросы вредных веществ автотракторными, тепловозными двигателями внутреннего сгорания и сельскохозяйственными машинами STAGE III A;

III – Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу основным технологическим оборудованием предприятий сельскохозяйственного и автомобильного машиностроения, 1992 г;

IV – Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом) – М.: НИИАТ, 1998 г.;

V – Метод регрессионных полиномов, полученных на основе экспериментов;

VI – Расчет по программе ENGINE и с использованием моделей токсичности двигателей внутреннего сгорания.

Такой подход достаточно "груб" и во многом условен, давая приближённые значения искомых величин.

Модель процесса выделения ВВ в воздух РЗ при испытаниях машины обкаткой на стенде. При построении данной модели следует заметить, что она описывает выделение ВВ в основном при стационарных ("установившихся") режимах. Массовое выделение *i*-го ВВ с учётом УОГ и местных отсосов для одной машины определяется по формуле:

$$M_{BB}^{i} = Q_{OG} \cdot C_i \cdot (1 - \eta \cdot \varphi) \text{ , г/с,} \quad (3)$$

где Q_{OG} - объёмный расход отработанных газов двигателя внутреннего сгорания, м^3/с; C_i - концентрация *i*-го вредного вещества в ОГ двигателя; η - степень очистки стационарной системы очистки, установленной на стенде (обкатка, испытания, диагностирование); φ - эффективность работы местного отсоса у обкаточного (испытательного) стенда.

Таким образом, формула (3) позволяет достоверно провести инвентаризацию выделения ВВ в РЗ, если достаточно точно определены, входящие в неё величины. По сути, от точности математического описания зависимостей Q_{OG}, C_i и φ, полученных преимущественно на основе экспериментальных исследований, и будет зависеть степень достоверности предлагаемой модели.

Определение объёмного расхода отработанных газов двигателя

1. Экспериментальный метод. Массовый расход отработанных газов от дизельной установки в соответствии с [7, 8] определяется по выражению:

$$G_{OG} = G_B \cdot (1 + \frac{1}{\varphi \cdot \alpha \cdot L_0}) \text{ , кг/с,} \quad (4)$$

где G_B - расход воздуха, определяемый из соотношения:

$$G_B = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{3600} \cdot (b_Э \cdot P_Э \cdot \varphi \cdot \alpha \cdot L_0) \text{ , кг/с,} \quad (5)$$

где $b_Э$ - удельный расход топлива на эксплуатационном (или номинальном) режиме работы двигателя, г/кВт·ч (берется из паспортных данных на дизельную установку) [8]; $P_Э$ - эксплуатационная мощность стационарной дизельной установки, кВт (берется из технической документации завода-изготовителя, а если документация отсутствует, то в качестве $P_Э$ принимается значение номинальной мощности стационарной дизельной установки (N_e); α - коэффициент избытка воздуха; L_0 - теоретически необходимое количество воздуха для сжигания одного килограмма топлива (кг воздуха/кг топлива); (1/3600) - коэффициент пересчета "час" в "сек"; (1/1000) - коэффициент пересчета "кг" в "т"; φ - коэффициент продувки.

После подстановки (5) в (4) окончательная формула для расчета расхода отработанных газов от испытываемой дизельной установки приобретает вид:

$$G_{ОГ} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{3600} \cdot b_э \cdot P_э \cdot (1 + \varphi \cdot \alpha \cdot L_0)\text{, кг/с.} \quad (6)$$

Объемный расход отработанных газов тогда определим по формуле:

$$Q_{ОГ} = \frac{G_{ОГ}}{\rho_{ОГ}}\text{, м}^3\text{/с,} \quad (7)$$

где $\rho_{ОГ}$ - удельный вес или плотность отработанных газов, рассчитываемая по формуле:

$$\rho_{ОГ} = \frac{\rho^0_{ОГ}}{(1 + \frac{t_{ОГ}}{273})} = \frac{273 \cdot \rho^0_{ОГ}}{T_{ОГ}}\text{, кг/м}^3\text{,} \quad (8)$$

где $\rho^0_{ОГ}$ - удельный вес (плотность) отработанных газов при температуре $t_{ОГ}$, равной 0°С, значение которого согласно [9] можно принимать 1,31 кг/м^3; $t_{ОГ}, T_{ОГ}$ - температура отработанных газов, °С и К.

Таким образом, после преобразований (6)-(8) получим формулу (9) для инструментально-аналитического определения расхода отработанных газов двигателя машины:

$$Q_{ОГ} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{T_{ОГ}}{273 \cdot \rho^0_{ОГ}} \cdot b_э \cdot P_э \cdot (1 + \varphi \cdot \alpha \cdot L_0) =$$
$$= 7,7 \cdot 10^{-10} \cdot T_{ОГ} \cdot b_э \cdot P_э \cdot (1 + \varphi \cdot \alpha \cdot L_0).\ \text{м}^3\text{/с.} \quad (9)$$

Действительно, при определении $Q_{ОГ}$ инструментально (приборами газового анализа) могут быть замерены $T_{ОГ}$ и α, остальные величины (φ , L_0), входящие в (9), можно найти из справочников и паспорта на двигатель завода-изготовителя ($b_э, P_э$).

2. При применении расчётного метода определения объёмного расхода ОГ можно использовать зависимость, выведенную в работе [10], где достаточно много величин, трудно поддающихся прямым измерениям:

$$Q_{ОГ} = 24,353 \cdot \varphi \cdot \beta \cdot \frac{L_0 \cdot \alpha \cdot N_e}{H_u \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \rho_{ОГ}}\text{, м}^3\text{/с,} \quad (10)$$

где φ - коэффициент продувки, равный для 2-тактных двигателей 1,4-1,6; для 4-тактных – 1,1-1,25; β - коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси, равный 1,02-1,13 и определяемый по предлагаемым ниже формулам; H_u - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; N_e - эффективная мощность ДВС, кВт; L_0 - теоретический расход воздуха на сгорание, кмоль; α - коэффициент избытка воздуха; η_i, η_m - индикаторный и механический к.п.д. двигателя (определяется из формул ниже); $\rho_{ОГ}$ - плотность отработанных газов.

Согласно [9] для дизельного топлива H_u=42500 кДж/кг, L_0=0,496 кмоль. Величины β, η_i, η_m определим из теплового расчёта в соответствии с [11] или по формулам, предложенным в [10] на основании обработки надёжных экспериментальных данных. Для 4-тактных дизельных ДВС имеем:

$$\eta_m = 0.4666 \cdot \overline{N}^3 - 1.1047 \cdot \overline{N}^2 + 0.8784 \cdot \overline{N} + 0.5601 \ . \qquad (11)$$

Для дизельных ДВС с наддувом:

$$\eta_i = -0.2019 \cdot \overline{\alpha}^2 + 0.3413 \cdot \overline{\alpha} + 0.3987 ;$$

$$\beta = 0.0672 \cdot \overline{\alpha}^2 - 0.1228 \cdot \overline{\alpha} + 1.0671 . \qquad (12)$$

Здесь $\overline{N} = N_e / N_{HOM}$ - относительная мощность, представляющая собой отношение эффективной мощности к эффективной номинальной мощности двигателя; $\overline{\alpha} = \alpha / \alpha_{\max}$ - относительный коэффициент избытка воздуха, равный отношению текущего значения к максимальному (при условии устойчивой работы двигателя).

Определение концентраций вредных веществ в отработанных газах машин. Существует значительное число различных полуэмпирических моделей, основанных на аппроксимации концентрации ВВ в ОГ от различных технических параметров двигателей. Такие модели, как правило, учитывают естественный разброс показателей двигателя в условиях реального производства. Это обусловлено наличием допусков на геометрические размеры деталей, на качество обработки поверхностей, а также отклонением от требований конструкторской документации на изготовление, сборку и обкатку. Поэтому исходные данные к рассматриваемым моделям должны базироваться на результатах испытаний нескольких образцов однотипных машин, чтобы исключить случайные результаты. Так, в работе [12] даны аппроксимационные зависимости содержания удельных выбросов NO_x, CO, C_nH_m в ОГ, а также дымности от значения геометрического угла опережения впрыска топлива θ, полученные по результатам обработки испытаний нескольких двигателей. Для концентраций ВВ в ОГ получены зависимости для номинального и промежуточного скоростных режимов для дизеля с наддувом (табл. 2).

Таблица 2

Математическая аппроксимация концентрации вредных веществ в отработанных газах от значения угла опережения впрыска топлива

Параметр	Номинальный режим	Режим максимального крутящего момента
Оксиды азота NO_x, ppm	-767,5 + 100,5θ	-213,5 + 79θ
Оксид углерода CO, ppm	4937 - 446θ + 12,2θ^2	8674 - 801θ + 24,8θ^2
Суммарные углеводороды C_nH_m, ppm	210,5 + 21θ + 0,1θ^2	627 – 11,5θ + 0,7θ^2

Подобный подход реализован и у других исследователей. Например, в работе [10] представлены регрессионные полиномы, описывающие динамику изменения выбросов от различных типов ДВС в зависимости от относительной мощности $\overline{N} = N_i / N_{\max}$ и относительного коэффициента избытка воздуха $\overline{\alpha}$. Аналитические зависимости концентрации C_i токсичных веществ в ОГ получены на основе обработки надёжных опытных данных, найденных в литературных источниках. Полученные зависимости обобщают результаты некоторых исследований, проведённых в разные годы, поэтому могут быть рекомендованы лишь как приближённые.

Зависимости концентраций ВВ в ОГ C_i представлены в виде регрессионных полиномов с рассчитанными коэффициентами регрессии:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{Y} - \overline{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (Y\overline{R} - Y\overline{R}_i)^2}, \qquad (13)$$

где $\overline{Y}$ - среднее значение из вектора данных; Y_i - вектор исходных данных (результаты измерений); $Y\overline{R}$ - средние значения ординат по полиномиальным зависимостям; $Y\overline{R}_i$ - вектор полученных данных (результаты расчета по полиному).

- для двигателей с воспламенением от сжатия:

$$C_i = A \cdot \overline{N}^n + B \cdot \overline{N}^{n-1} + \ldots + C \cdot \overline{N} + D \text{, г/м}^3 ; \qquad (14)$$

- для двигателей с принудительным зажиганием:

$$C_i = A \cdot \overline{\alpha}^n + B' \cdot \overline{\alpha}^{n-1} + \ldots + C' \cdot \overline{\alpha} + D' \text{, г/м}^3 , \qquad (15)$$

где C_i - концентрация *i*-го ВВ в ОГ; $\overline{N}$ - относительная мощность машины; $\overline{\alpha}$ - относительный коэффициент избытка воздуха; n - степень многочлена; A, A', B, B', C, C', D, D' - численные коэффициенты полиномов.

Для газодизельных и газовых машин также были получены подобные (11), (12) зависимости. Настоящий подход, а именно, аппроксимационные зависимости полезно использовать для следующих целей:

- для теоретического расчёта наиболее вероятного содержания вредных веществ в ОГ и дымности на различных режимах работы машины, в том числе при обкатке и испытаниях;

- для расчёта желаемого изменения какого-либо параметра в скоростном диапазоне работы машины для обеспечения минимально возможного выброса ВВ и дымности ОГ при задаваемых ограничениях по мощности, удельному расходу топлива, температуре ОГ;

- своевременного выявления повышенного разброса показателей двигателя машин в результате возникающих производственных отклонений от требований конструкторской документации в части изготовления и регулировок;

- сокращения затрат времени и средств при проведении доводочных работ собираемых машин по показателям состава ОГ.

Для получения более точных данных о содержании токсичных веществ в ОГ в зависимости от нагрузки машины и режима ее работы нами

были проведены натурные испытания на заводе ООО "Ростовский комбайновый завод" на участке обкатки сельскохозяйственных машин, а также на пункте экологического контроля локомотивного депо станции Батайск СКЖД при проведении ТО и ТР тепловозов. При этом были экспериментально определены технико-экологические показатели различных дизельных установок машин, которые в последующем удалось обработать и получить искомые зависимости концентраций ВВ в ОГ. Для разных видов и типов машин полученные полиномиальные зависимости от нагрузочного режима работы при обкатке представлены в табл.3, 4 и на рис.1,а,б. Данные зависимости могут быть использованы и для определения наиболее малотоксичных режимов обкатки с тем, чтобы в дальнейшем производить ускоренные испытания, ограничивая время работы комбайна на стенде, когда машина выделяет наибольшее количество вредных веществ.

Таблица 3

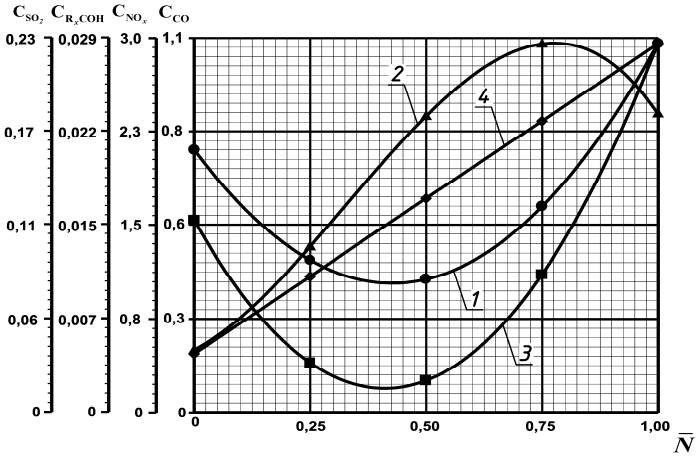
Концентрации вредных веществ в ОГ комбайнов в зависимости от режима нагрузки (установившиеся режимы работы машины при обкатке)

Дизельные двигатели ЯМЗ 236(238) комбайнов «Дон-680» и ACROS ($N_{ном}$=213-290 кВт)	
Формула концентрации	Коэффициент регрессии
$C_{CO} = 2.1943 \cdot \overline{N}^2 - 1.8743 \cdot \overline{N} + 0.7903$, г/м^3	(R^2 = 0,9802)
$C_{NJ_X} = -7.3760 \cdot \overline{N}^3 + 7.2940 \cdot \overline{N}^2 + 2.0090 \cdot \overline{N} + 0.5090$, г/м^3	(R^2 =1)
$C_{R_XCOH} = 0.0787 \cdot \overline{N}^2 - 0.0647 \cdot \overline{N} + 0.0152$, г/м^3	(R^2 = 0,997)
$C_{SO_2} = 0.1920 \cdot \overline{N} + 0.0363$, г/м^3	(R^2 = 0,9983)
$C_C = 0.2114 \cdot \overline{N}^2 - 0.0214 \cdot \overline{N} + 0.0324$, г/м^3	(R^2 = 0,9838)
$C_{C_NH_M} = 0.0791 \cdot \overline{N}^2 + 0.0241 \cdot \overline{N} + 0.0006$, г/м^3	(R^2 = 0,982)
$C_{C_{20}H_{12}} = -2.2933 \cdot \overline{N}^3 + 5.3143 \cdot \overline{N}^2 + 0.2290 \cdot \overline{N} + 0.4313$,мкг/м^3	(R^2 = 1)
$C_{CO_2} = 135.3900 \cdot \overline{N} + 36.9560$, г/м^3	(R^2=0,9987)

Таблица 4

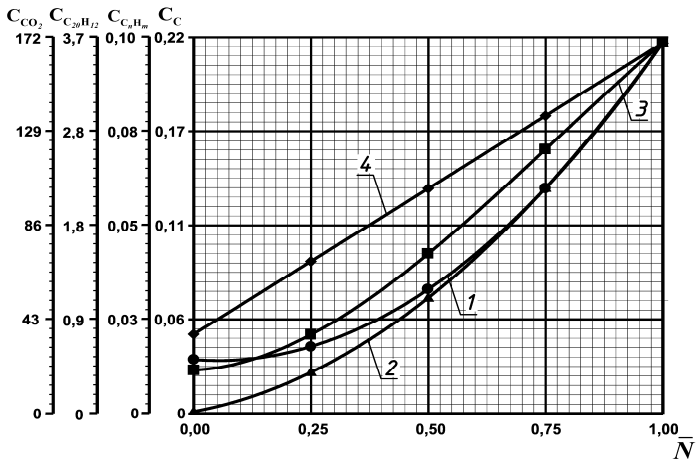
Концентрации вредных веществ в ОГ тепловозов в зависимости от режима нагрузки (установившиеся режимы работы машины при обкатке)

Дизельный двигатель K6S310DR маневрового тепловоза ЧМЭ3 ($N_{ном}$=990 кВт)	
Формула концентрации	Коэффициент регрессии
$C_{CO} = -0.6930 \cdot \overline{N}^3 + 1.4110 \cdot \overline{N}^2 + 0.1820 \cdot \overline{N} + 0.2310$, г/м^3	(R^2=1)
$C_{NJ_X} = -2.3790 \cdot \overline{N}^3 - 1.9530 \cdot \overline{N}^2 + 5.4640 \cdot \overline{N} + 0.5120$, г/м^3	(R^2=1)
$C_{C_{20}H_{12}} = 5.233 \cdot \overline{N}^2 - 0.6430 \cdot \overline{N} + 1.4450$, мкг/м^3	(R^2=0,997)
$C_{SO_2} = 0.0530 \cdot \overline{N}^3 - 0.1660 \cdot \overline{N}^2 + 0.2320 \cdot \overline{N} + 0.1790$, г/м^3	(R^2=0,996)
$C_C = -13.2270 \cdot \overline{N}^4 + 23.6800 \cdot \overline{N}^3 - 11.9930 \cdot \overline{N}^2 + 1.7300 \cdot \overline{N} + 0.0100$,	(R^2 =1)
$C_{CO_2} = -56.1140 \cdot \overline{N}^2 + 237.6740 \cdot \overline{N} + 19.3060$, г/м^3	(R^2=0,957)



а)

$1 - C_{co} = f(\overline{N})$;
$2 - C_{NOx} = f(\overline{N})$;
$3 - C_{COH} = f(\overline{N})$;
$4 - C_{SO_2} = f(\overline{N})$



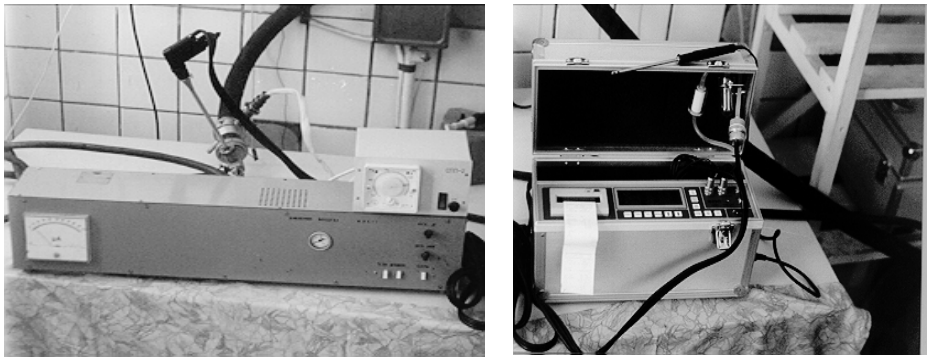
б)

$1 - C_c = f(\overline{N})$;
$2 - C_{C_nH_m} = f(\overline{N})$;
$3 - C_{C_{20}H_{12}} = f(\overline{N})$;
$4 - C_{CO_2} = f(\overline{N})$

Рис.1. Динамика изменения концентрации вредных веществ в зависимости от режима работы машины

Экспериментальные исследования. Методика получения полиномиальных зависимостей и оценка их достоверности. При проведении испытаний руководствовались: разработанной "Программой и методикой испытаний дизельных машин"; технологической инструкцией по проведению обкаточных и реостатных испытаний; комплектом технической документации на испытательный стенд и реостатную станцию; техническими условиями (ТУ) замеров технико-экологических параметров на ПЭК; комплектом технической документации на ПЭК. Испытания включали в себя определение таких показателей, как мощности силовой установки машины; массового расхода топлива двигателем; температуры и расхода отработанных газов; температуры воды и масла в системе охлаждения дизеля; экологических параметров ДВС по ГОСТ Р 50953-96 (содержание вредных веществ и дымность ОГ). При проведении измерений концентраций ВВ в ОГ двигателей машин использовалась полустационарная мониторинговая мно-

гофункциональная система для проведения измерений в промышленности "Vario Plus"(рис.2,а,б).



а) б)

Рис.2. Измерительная аппаратура при проведении испытаний
а – дымомер ИДС-3; б – газоанализатор "Vario Plus"

Компьютерный газоанализатор разработан на базе современных цифровых технологий, полностью русифицирован и адаптирован для осуществления технико-экологического контроля и точных настроек и регулировок дизельных двигателей. Прибор предназначен не только для экологического контроля, но и для безразборной диагностики и регулировки двигателей различных машин (автомобили, комбайны, тракторы, тепловозы и др.). С помощью этого газоанализатора возможно проведение измерений и выявления неисправностей сборочных единиц при производстве машин на заводах (на стадии обкатки и испытаний). Газоанализатор "Vario Plus" имеет сертификат Госстандарта России № 15876, допущен к применению в РФ, и отвечает требованиям, предъявляемым к экологическому контролю различных машин.

Измерительный комплекс использовался нами для измерения содержания ВВ в ОГ машин на стендах обкатки машиностроительного завода, а также при реостатных испытаниях. Измерительная система состоит из системы пробоотбора и пробоподготовки (СПП), измерителя дымности (ИДС-3), измерителя концентраций оксидов азота, оксида углерода, оксидов серы, углеводородов, углекислого газа, кислорода, коэффициента избытка воздуха, температуры и избыточного давления ОГ двигателей. Система пробоотбора состоит из газоотборного устройства и узла стыковки системы обеспечения сжатого воздуха с термошлангом и блоком автоматики.

Измерительный комплекс был размещён в помещении участка обкатки сельскохозяйственных мобильных машин. Погрешность при измерении концентраций оксидов углерода, оксидов азота и углеводородов составила $\pm$ 5%; кислорода $\pm$ 0,2% и дымности ОГ двигателей $\pm$ 2%. На рис.3 представлена блок-схема испытаний, реализованная при стендовой обкатке комбайна AKROS на ОАО КЗ "Ростсельмаш".

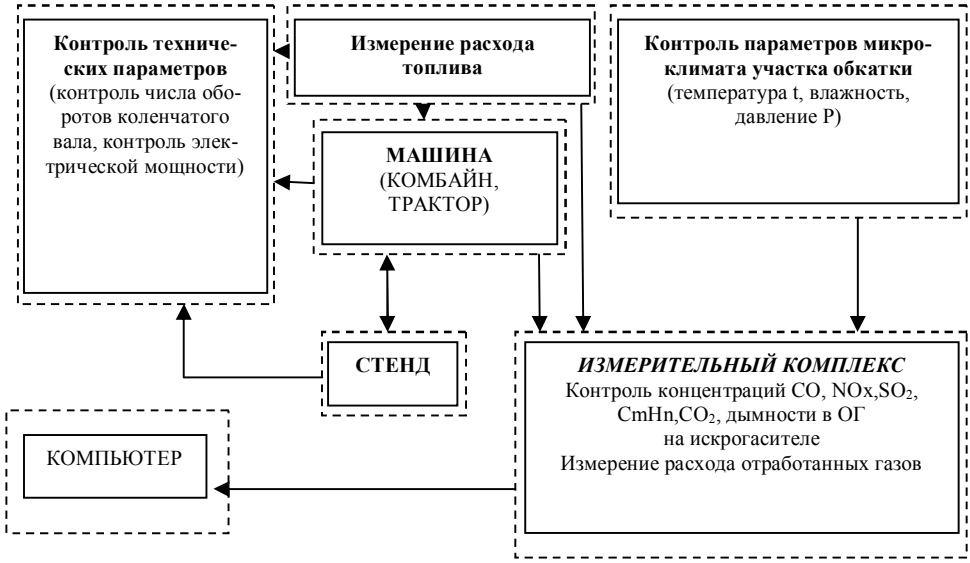


Рис.3. Блок-схема испытательного стенда
метода технико-экологической оценки состояния машины

Выводы:

1. Получены полиномиальные зависимости, которые могут быть использованы для теоретического расчёта наиболее вероятного содержания вредных веществ в ОГ на различных режимах работы дизельных сельскохозяйственных машин, в том числе при обкатке и испытаниях.

2. Предложены формулы, позволяющие оценить массовое выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны участков обкатки и испытаний машин.

3. Представленная модель выделения вредных веществ позволит в дальнейшем прогнозировать качество воздушной среды в производственных помещениях обкаточных участков, что позволит разработать требования к автоматизированной системе сигнализации о химических факторах опасности, а также оптимизировать с позиций энергоэффективности режимы работы систем вентиляции**.**

Библиографический список

1. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для ремонтно-обслуживающих предприятий и машиностроительных заводов агропромышленного комплекса. – М., 1992.

2. Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу основным технологическим оборудованием предприятий автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения. – М., 1991.

3. Обкатка и испытания тракторных и комбайновых дизелей при капитальном ремонте. – М.: ГОСНИТИ, 1988.

4. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для авторемонтных предприятий (расчетным методом). – М., 1998.

5. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом). – М., 1998.

6. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М., 1998.

7. Орлов Н.И. Временные рекомендации по расчету выбросов от стационарных дизельных установок / Н.И.Орлов, В.И.Смайлис. – Л., 1988.

8. Методика расчёта выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. – СПб., МПР РФ, 2001.

9. Теория двигателей внутреннего сгорания / под. ред. Н.Х. Дьяченко. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1974.

10. Бадалян Л.Х. Динамика выбросов токсичных компонентов с ОГ двигателями автотранспорта / Л.Х.Бадалян // Безопасность жизнедеятельности-2005. – № 2. – С.24-32.

11. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пос. для высшей школы / А.Р. Кульчинский. – М.: Академический проект, 2004. – 400.

Материал поступил в редакцию 24.02.09.

L.N. ALEKSEENKO

MODELING THE ALLOCATION OF HAZARDOUS SUBSTANCES INTO THE AIR OF WORKING AREA STATIONS RUN THE MACHINE-BUILDING PLANTS

We obtain polynomial dependence, which can be used for theoretical calculation of the most likely content of harmful substances in exhaust gases at various operating modes of the machines when they were run and tested and, subsequently, to predict the quality of air in industrial premises obkatochnyh sites that will help to develop the requirements for automated alarm systems on chemical hazards, as well as to optimize the positions of energy modes of ventilation.

АЛЕКСЕЕНКО Людмила Николаевна, старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» ДГТУ. Окончила ДГТУ (2001).
Научные интересы: охрана труда, транспортная экология.
Имеет 20 научных работ.

puchinka78@mail.ru

УДК 621.924.6:621.833

**А.А. РЫЖКИН, А.А. АНДРОСОВ, Г.П. ГРЕБЕНЮК,
М.В. САВЕНКОВ, В.В. ВЯЛАЯ**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ БОКОВЫХ СТОРОН ЗУБЬЕВ КОЛЕС С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ

В статье представлены результаты теоретического определения координат боковых сторон зуба колеса, имеющего в нормальном сечении эллиптический профиль; получены уравнения связи угловых и линейных размеров зубьев в торцевом и нормальном сечениях. Предложенная методика применима для нахождения координат профиля, описанного любой плоской кривой второго порядка.
Ключевые слова: *зубчатые колеса, эллиптический профиль, червячные зуборезные фрезы, геометрия зуба колеса с эллиптическим профилем.*

Введение. Надежность изделий машиностроения, имеющих в структуре зубчатые передачи как преобразующие или силовые звенья, в значительной мере определяется несущей способностью этих передач. Как известно, удалось частично решить проблему увеличения несущей способности зубчатых передач путем создания пространственных зацеплений с точечным контактом (зацепление М.Л. Новикова) [2, 5] и получить при этом существенное увеличение передаваемой мощности (крутящего момента) при одновременном снижении габаритов передачи.

Разработанная на кафедре «Основы конструирования машин» ДГТУ передача с эллиптическим профилем в нормальном к зубу сечении [1] решает проблему несущей способности силовых зубчатых передач и характеризуется тем, что в торцевом сечении колеса ножка и головка зуба очерчены дугами одной окружности, а полная высота зуба равна диаметру этой окружности.

Внедрению новой передачи будет способствовать решение вопросов, связанных с разработкой точных и производительных зуборезных инструментов, к числу которых следует отнести и червячные фрезы.

Независимо от формы боковой стороны зуба неэвольвентного зубчатого колеса как фасонного валика с регулярно чередующимися зубьями известно несколько методов определения профиля зуба червячной фрезы как обкаточного инструмента реечного типа [2-5], однако, для их применения при проектировании фрез необходимо, в качестве исходных данных, иметь уравнения боковых сторон зуба.

Для решения комплексной задачи профилирования червячных фрез для нарезания колес с эллиптическим профилем предварительно определим геометрию зуба этих колес в торцевом и нормальном сечениях.

В торцевом сечении зубья колеса (рис.1,а) очерчены дугами окружности, диаметр которой $2r$; участок зуба $A_1 - B_1 - C_1$ - выпуклый, $C_1 - D_1$ - вогнутый, причем точка C_1 является точкой касания окружностей; R_g - радиус делительной окружности; R_{0_1} - радиус точки C_1 касания смежных окружностей; $\alpha^{/}$ - угловой шаг зубьев колеса в торцевой плоскости.

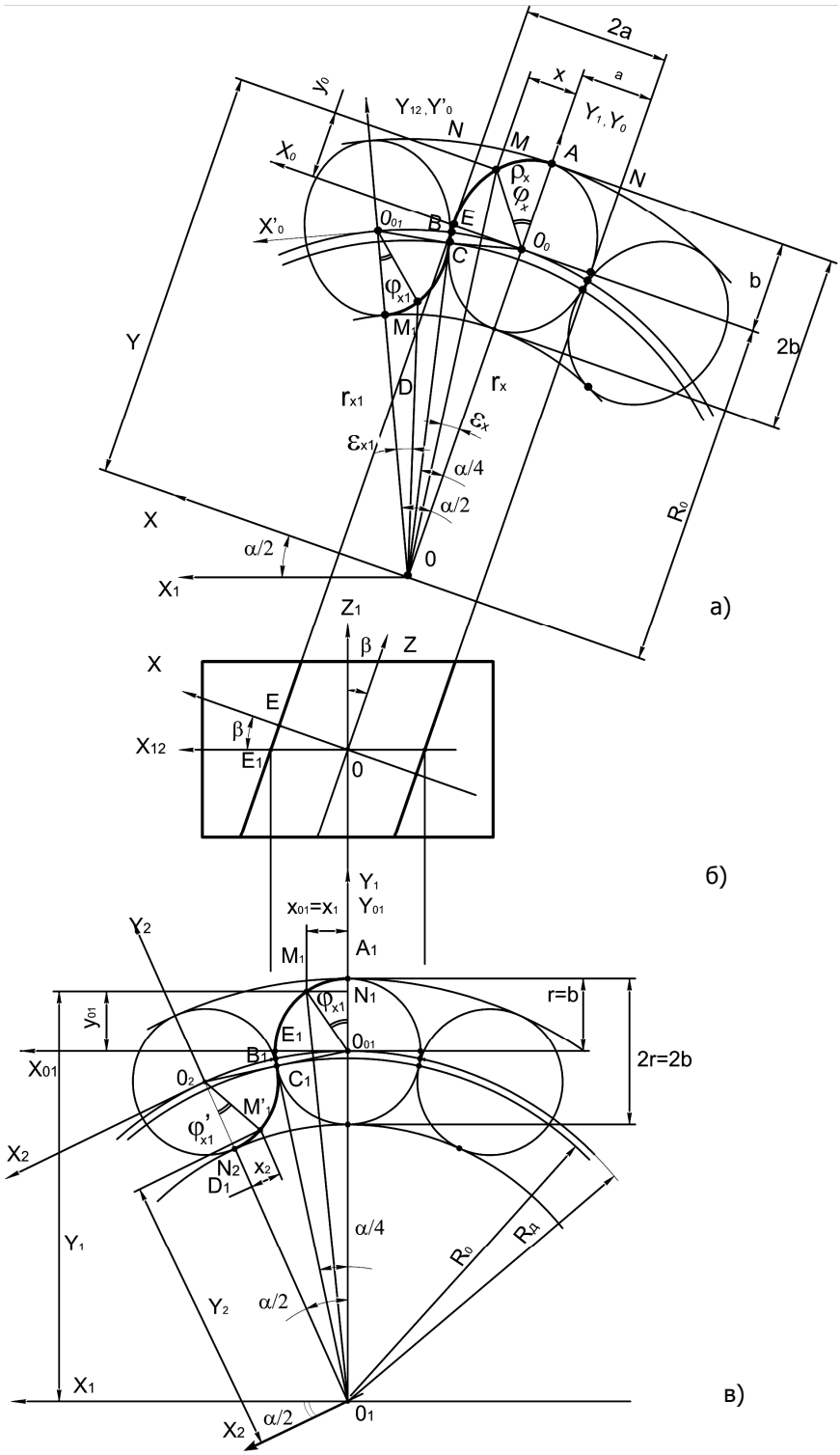


Рис.1. Профили зубьев неэвольвентного колеса: а – торцевое сечение (радиусный профиль); б, в – нормальное сечение (эллиптический профиль)

Координаты текущей точки M_1 участка выпуклого профиля $A_1 - B_1 - C_1$ в системе $x_{0_1} o_{0_1} y_{0_1}$, с началом в центре зуба, определяем по уравнению [6]

$$x_{0_1}^2 + y_{0_1}^2 = r^2, \tag{1}$$

в системе $o_1 x_1 y_1$, с началом в центре колеса O_1 – зависимостью

$$x_1^2 = \left(y_1 - R_g\right)^2 = r^2, \tag{2}$$

а в полярных координатах ($\Delta\ O_1 M_1 N_1$ и $O_{0_1} M_1 N_1$, рис.1,а) – уравнениями:

$$\left.\begin{aligned} x_{0_1} &= r\sin\varphi_{x_1} \\ y_{0_1} &= r\cos\varphi_{x_1} \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \pm r\sin\varphi_{x_1} \\ y_1 &= R_g + r\cos\varphi_{x_1} \\ Z_1 &= 0 \end{aligned}\right\}. \tag{4}$$

Очевидно (см.рис.1,а), что $x_1 = x_{01}$.

Примечание: в выражении (4) при координате x_1 следует принимать знак плюс для левой стороны профиля, а для правой стороны – минус.

При изменении полярного угла φ_{x_1} от 0 до $\varphi_{x_1} = \varphi_{c_1}$ абсцисса x_1 изменяется от 0 до x_{c_1}, а ордината y_1 от (R_g + r) до y_{c_1}. Предельное значение полярного угла φ_{c_1} равно

$$\varphi_{x_c} = \arccos\left[\frac{R_{0_1} - \left(R_g^2 + r^2\right)}{2R_g r}\right]. \tag{5}$$

Входящий в (5) радиус R_{0_1} точки C_1 касания окружностей определяется по найденной нами зависимости:

$$R_{0_1} = \sqrt{\left(R_g^2 + r^2\right) - 2R_g r tg\,\alpha'/4}\ . \tag{6}$$

В итоге для определения координат точек профиля дугового зуба на участке $A_1 - B_1 - C_1$ используем зависимости (4) – (6).

Для вогнутого профиля кругового зуба $C_1 - D_1$ (см.рис.1,а) уравнение профиля в системе $x_2 o_2 y_2$ имеет вид:

$$\begin{aligned} x_2 &= r\sin\varphi_{x_1}, \\ y_2 &= R_g - r\cos\varphi_{x_1}, \\ 0 &\le \varphi_{x_1} \le \varphi_{x_{c_1}}. \end{aligned} \tag{7}$$

Уравнение (7) в координатах $x_1 o_1 y_1$, с учетом связи между координатами текущей точки M_1 (см.рис.1,а) в системах $x_1 o_1 y_1$ и $x_2 o_2 y_2$, имеет вид:

$$x_1 = \mp r \sin\varphi_{x_1} \cos\frac{\alpha'}{2} + \left(R_g - r\cos\varphi_{x_1}\right)\sin\frac{\alpha'}{2};$$

$$y_2 = r\sin\varphi_{x_1} \sin\frac{\alpha'}{2} + \left(R_g - r\cos\varphi_{x_1}\right)\cos\frac{\alpha'}{2}; \qquad (8)$$

$$z_2 = 0;$$

$$0 \le \varphi_{x_1} \le \varphi_{x_{c_1}},$$

где $\varphi_{x_{1_c}} = \arccos\left[\dfrac{\left(R_g^2 + r^2\right) - R_{0_1}^2}{2R_g r}\right].$ (9)

Размеры зубьев колеса в нормальном сечении (эллиптический профиль). Для нахождения профиля инструментальной рейки как основы конструкции червячной фрезы необходимо знать угловые и линейные параметры зуба в нормальном сечении (см.рис.1,б,в). Как уже отмечалось выше, особенностью предложенной передачи является радиусный профиль в нормальном сечении (см.рис.1,а) и наличие винтового зуба, угол наклона которого к оси равен β (см.рис.1,б). По этой причине зуб в нормальном сечении будет иметь эллиптический профиль, при этом по ординате oy высота зуба равна исходной, т.е. $2в = 2r, R_g = R_{g_1}$, а углы $\frac{\alpha}{2}, \frac{\alpha}{4}, \frac{\alpha'}{2} u \frac{\alpha'}{4}$ неодинаковы; радиус точки C касания эллипсов R_0 (см.рис.1,в) в общем случае не равен радиусу R_{0_1}; при этом изменятся и полярные углы $\varepsilon_x, \varepsilon_{x_1}, \varphi_x$ и φ_{x_1}.

Найдем связь меду этими параметрами, для чего сделаем дополнительное построение (рис. 2), имея в виду, что в торцевом сечении задаются высота зуба $h = 2r = 2в$, число зубьев колеса z, делительный диаметр (радиус) $D_g\left(R_g\right)$; угловой шаг зубьев $\alpha' = \dfrac{360^\circ}{z}$, а также связанные с ними размеры $\dfrac{\alpha'}{2} = \dfrac{180^\circ}{z}$ и $\dfrac{\alpha'}{4} = \dfrac{90^\circ}{z}$. Толщина зуба в нормальном сечении $2a < 2r\left(2в\right)$, и ее величина находятся по зависимости $a = в\cos\beta$ (см.рис.1,б). Таким образом, в нормальном сечении зуб имеет эллиптический профиль, а ножка и головка образованы разными участками эллипса с полуосями $в$ и $в\cos\beta$ (см.рис.1,в).

Совместим на плоскость торцевое и нормальное сечения зуба (рис.2) и найдем связь между угловыми и линейными параметрами этих сечений в полярной системе, начало которой совпадает с осью колеса. Здесь M_1 и M - текущие точки на профилях зубьев в торцевом и нормальном сечениях; r_{x_1} и r_x - их радиусы-векторы, ε_{x_1} и ε_x - полярные углы в системе координат с началом в центре колеса; φ_{x_1} и φ_x - то же, но в системе с началом в центре окружности и эллипса соответственно.

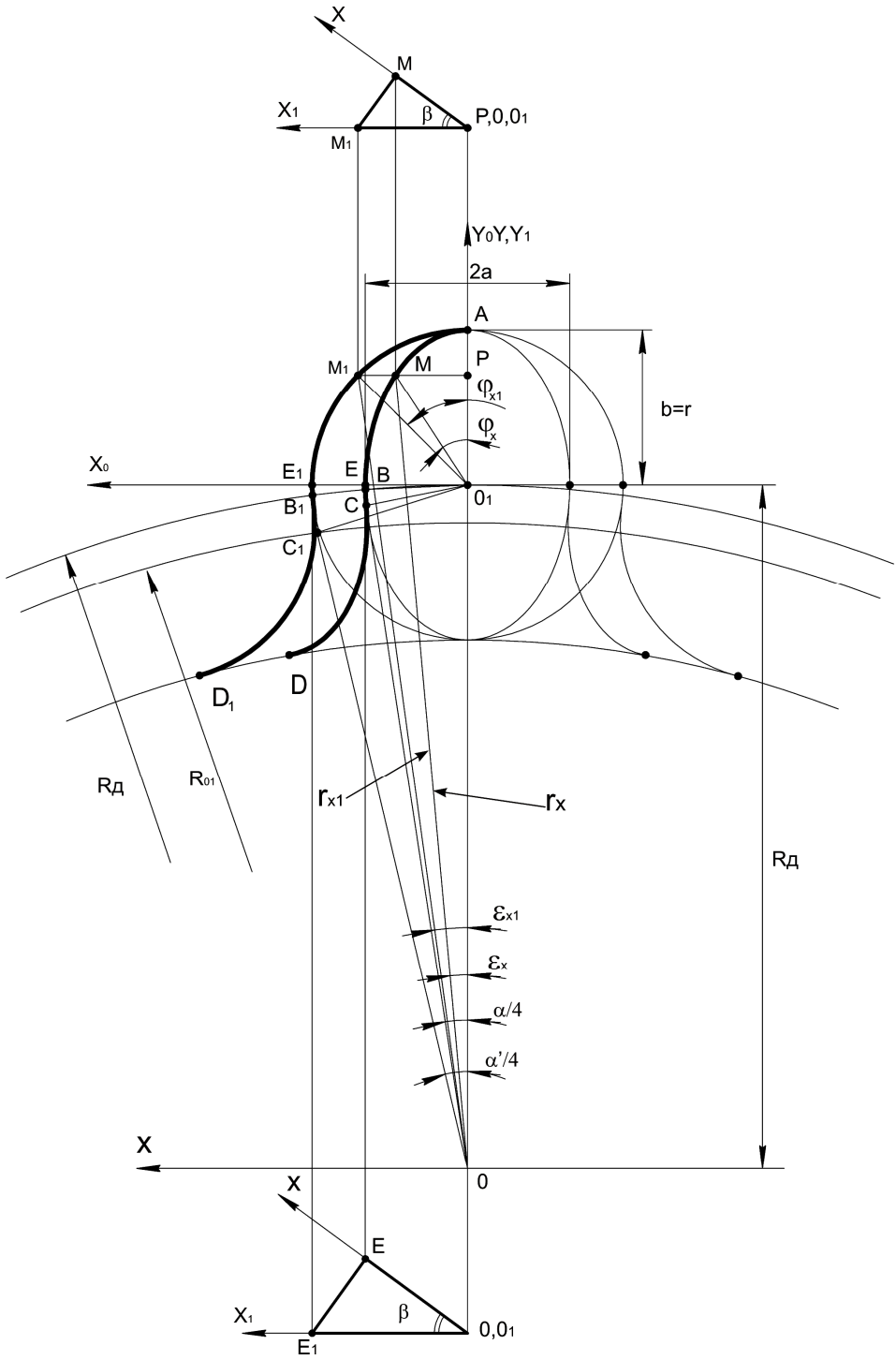


Рис.2. Связь угловых и линейных размеров зуба в различных сечениях

Из треугольников O_1M_1P и O_1MP и трехгранников M_1MPO и O_1E_1EO получим:

$$tg\varphi_x = tg\varphi_{x_1}\cos\beta; \tag{10}$$

$$tg\varepsilon_x = tg\varepsilon_x^{/}\cos\beta; \tag{11}$$

$$tg\frac{\alpha}{4} = tg\frac{\alpha^{/}}{4}\cos\beta. \tag{12}$$

Касание эллипсов, как и окружностей (см.рис.1,а), осуществляется не по делительному диаметру R_g, а по радиусу $R_0 \le R_g$, причем величина этого смещения зависит от соотношения размеров полуосей эллипса, т.е. от соотношения между толщиной зуба и шириной впадины, а также от числа зубьев и габаритных размеров зубчатого колеса.

Радиус R_0 точки касания C эллипсов находится по формуле:

$$R_0 = \sqrt{\left(\frac{в\cos^2\beta ctg\frac{\alpha}{4}}{\sqrt{1+\cos^2\beta ctg\frac{\alpha}{4}}}\right)^2 + \left(R_g - в\sqrt{\frac{1}{1+\cos^2\beta ctg\frac{\alpha}{4}}}\right)^2}. \tag{13}$$

Уравнения профиля эллиптического зуба (нормальное сечение). Для выпуклой части профиля $A-B-C$ уравнения эллипса в декартовой и полярной системах координат с началом в центре эллипса имеют вид (см.рис.1,в):

$$\frac{x_0^2}{a^2} + \frac{y_0^2}{в^2} = 1; \tag{14}$$

$$\begin{aligned} x_0 &= \rho_x \sin\varphi_x; \\ y_0 &= \rho_x \cos\varphi_x, \end{aligned} \tag{15}$$

а в координатах xoy, связных с центром колеса,

$$\begin{aligned} x &= x_0 = \rho_x \sin\varphi_x, \\ y &= y_0 + R_g = R_g + \rho_x \cos\varphi_x. \end{aligned} \tag{16}$$

Из (14) и (15) получаем:

$$\frac{\rho_x^2}{a^2}\frac{\sin^2\varphi_x}{} + \frac{\rho_x^2\cos^2\varphi_x}{в^2} = 1,$$

откуда

$$\rho_x = \sqrt{\frac{a^2в^2}{a^2\cos^2\varphi_x + в^2\sin^2\varphi_x}}. \tag{17}$$

С другой стороны, положение точки M на боковой стороне эллиптического зуба определяется полярными углом ε_x и радиусом - вектором r_x:

$$\begin{aligned} x &= r_x \sin\varepsilon_x, \\ y &= r_x \cos\varepsilon_x. \end{aligned} \tag{18}$$

Из (16), (17) и (18) получаем:

$$\begin{cases} x = \left(R_g + в\cos\beta\cos\varphi_x \sqrt{\dfrac{1}{\sin^2\varphi_x + \cos^2\varphi_x\cos^2\beta}} \right) tg\varepsilon_x \\ y = R_g + в\cos\beta\cos\varphi_x \sqrt{\dfrac{1}{\sin\varphi_x{}^2 + \cos^2\varphi_x\cos^2\beta}} \\ 0 \le \varepsilon_x \le \dfrac{\alpha}{4}; \quad 0 \le \varphi_x \le \varphi_{xc} \end{cases}. \qquad (19)$$

Предельное значение полярного угла $\varphi_{x_c} = \varphi_{x_{\max}}$ в (19), и связь между полярными углами ε_x и φ_x находим из зависимостей (17) и (18):

$$tg\varepsilon_x = \frac{\sin\varphi_x}{\dfrac{R_g}{в}\sqrt{\cos^2\varphi_x + \dfrac{\sin^2\varphi_x}{\cos^2\beta}} + \cos\varphi_x}, \qquad (20)$$

$$\varphi_{\max} = 180^\circ - arctg\frac{R_0\sin\dfrac{\alpha}{4}}{R_g - R_0\cos\dfrac{\alpha}{4}}. \qquad (21)$$

Для вогнутого участка профиля $C-D$ эллиптического зуба уравнения профиля запишем, как и в предыдущем случае, в системах $x_0^/o_0^/y_0^/$ и $x_{1_2}oy_{1_2}$, а затем поворотом осей на угол $\dfrac{\alpha}{2}$ перейдем к системе xoy (рис.1,в):

$$\frac{\left(x_0^/\right)^2}{a^2} + \frac{\left(y_0^/\right)^2}{в^2} = 1 \text{ - в координатах } x_0^/o_0^/y_0^/; \qquad (22)$$

$$\begin{cases} x_0^/ = -\rho_{x_1}\sin\varphi_{x_1} \\ y_0^/ - \rho_{x_1}\cos\varphi_{x_1} \end{cases} \text{ - в полярных координатах с полюсом}$$

в центре эллипса; (23)

$$\begin{cases} x_{12} = -r_{x_1}\sin\varepsilon_{x_1} \\ y_{12} = r_{x_1}\cos\varepsilon_{x_1} \\ y_{12} = R_g - \rho_{x_1}\cos\varphi_{x_1} \end{cases} \text{ - в полярных координатах}$$

с полюсом в центре колес. (24)

Из (22) и (23) получим:

$$\rho_{x_1} = \sqrt{\frac{a^2в^2}{a^2\cos^2\varphi_{x_1} + в^2\sin^2\varphi_{x_1}}}. \qquad (25)$$

Так как $R_g - \rho_{x_1}\cos^2\varphi_{x_1} = r_{x_1}\cos\varepsilon_{x_1}$, то

$$r_{x_1} = \frac{R_g - \rho_{x_1}\cos\varphi_{x_1}}{\cos\varepsilon_{x_1}}. \qquad (26)$$

После подстановки (25) в (26) получим:

$$r_{x_1} = \frac{R_g - \cos\varphi_{x_1}\sqrt{\dfrac{a^2 в^2}{a^2\cos\varphi_{x_1}^2 + в^2\sin^2\varphi_{x_1}}}}{\cos\varepsilon_{x_1}}, \qquad (27)$$

а из (26) и (27) найдем уравнения профиля $C-D$ в координатах $x_{12}oy_{12}$:

$$\begin{aligned} x_{12} &= -\left(R_g - \cos\varphi_{x_1}\sqrt{\frac{a^2 в^2}{a^2\cos^2\varphi_{x_1} + в^2\sin\varphi_{x_1}}}\right) tg\varepsilon_{x_1}; \\ y_{12} &= R_g - \cos\varphi_{x_1}\sqrt{\frac{a^2 в^2}{a^2\cos^2\varphi_{x_1} + в^2\sin^2\varphi_{x_1}}}. \end{aligned} \qquad (28)$$

Уравнения участка профиля $C-D$ в системе xoy получим, используя формулы перехода:

$$\left.\begin{aligned} x &= -x_{12}\cos\frac{\alpha}{2} + y_{12}\sin\frac{\alpha}{2} \\ y &= x_{12}\sin\frac{\alpha}{2} + y_{12}\cos\frac{\alpha}{2} \end{aligned}\right\}. \qquad (29)$$

В результате из (28) и (29) получим, имея ввиду, что $a = в\cos\beta$:

$$\begin{aligned} x &= \left(R_g - в\cos\beta\cos\varphi_{x_1}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\varphi_{x_1} + \cos^2\beta\cos^2\varphi_{x_1}}}\right) tg\varepsilon_{x_1}\cos\frac{\alpha}{2} + \\ &+\left(R_g - в\cos\beta\cos\varphi_{x_1}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\varphi_{x_1} + \cos^2\beta\cos^2\varphi_{x_1}}}\right)\sin\frac{\alpha}{2}; \\ y &= -\left(R_g - в\cos\beta\cos\varphi_{x_1}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\varphi_{x_1} + \cos^2\beta\cos^2\varphi_{x_1}}}\right) tg\varepsilon_{x_1}\sin\frac{\alpha}{2} + \\ &+\left(R_g - в\cos\beta\cos\varphi_{x_1}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\varphi_{x_1} + \cos^2\beta\cos^2\varphi_{x_1}}}\right)\cos\frac{\alpha}{2}. \end{aligned} \qquad (30)$$

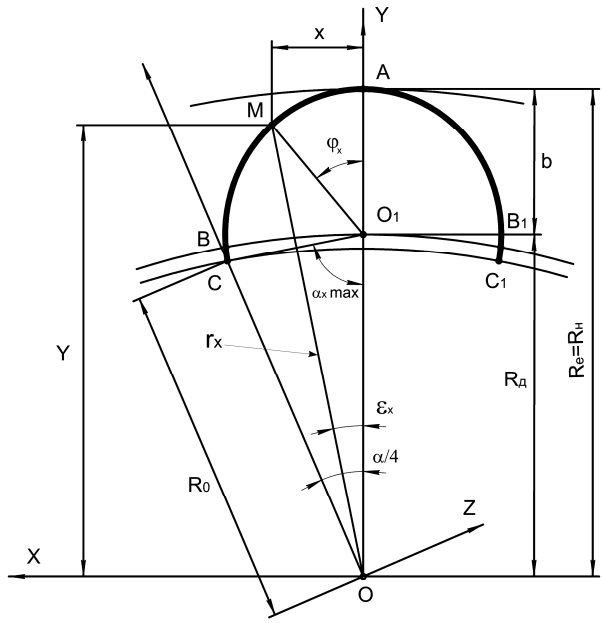
В (30) $0 \le \varepsilon_{x1} \le \dfrac{\alpha}{4}$; $\quad 0 \le \varphi_{x1} \le \varphi_{xc}\left(\varphi_{1\max}\right)$.

Связь между углами φ_{x_1} и ε_{x_1}, а также предельное значение полярного угла $\varphi_{1_{\max}}$ находим по соотношениям:

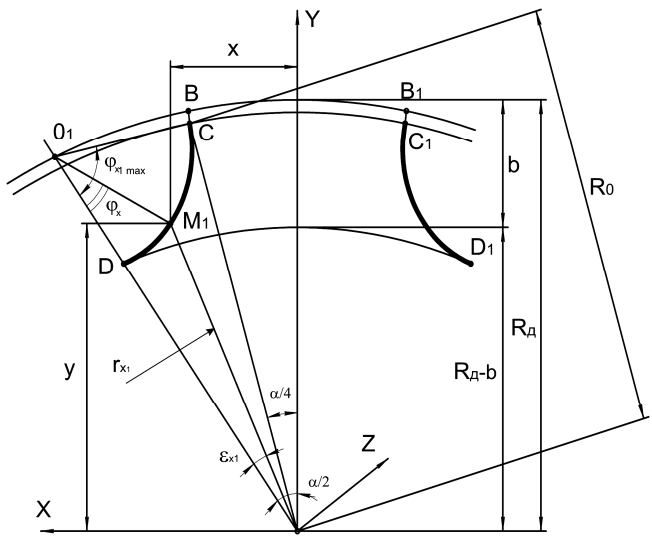
$$tg\varepsilon_{x_1} = \frac{\sin\varphi_{x_1}}{\dfrac{R_g}{в}\sqrt{\cos^2\varphi_{x_1} + \dfrac{\sin^2\varphi_{x_1}}{\cos^2\beta}} - \cos\varphi_{x_1}}; \qquad (31)$$

$$\varphi_{1_{max}} = arctg \frac{R_0 \sin\frac{\alpha}{4}}{R_g - R_0 \cos\frac{\alpha}{4}}. \qquad (32)$$

Для удобства выполнения дальнейших расчетов по определению профиля инструментальной рейки эллиптический зуб (см.рис.1,в) делительным диаметром условно разделим на выпуклую и вогнутую части (рис.3) (фактически это будут элементы исходного контура изделия).



а)



б)

Рис.3. Выпуклый (а) и вогнутый (б) профили эллиптического зуба

Выпуклый профиль зуба

а) левая сторона $(A-B-C)$.

Для расчета координат профиля зуба на этом участке необходимо последовательно использовать зависимости (13), (20), (21) и (19);

б) правая сторона $(A_1-B_1-C_1)$.

В зависимости (19) координата x будет имеет знак минус; остальные формулы (13), (20), (21) применимы для зоны $A-B_1-C_1$ без изменений.

Вогнутый профиль зуба

а) для левой стороны зуба (участок $(C-D)$) используем зависимости (30) – (32);

б) правая сторона профиля зуба (C_1-D_1).

В зависимости (30) координату x необходимо принять со знаком «минус», а радиус точки касания C вычислять по (13); другие формулы (30)-(32) используются без их корректировок.

Пример. Найти уравнения профиля эллиптического зуба (нормальном сечение) при известных размерах в торцевом сечении (см.рис.1,а): $D_e=76,0\ мм; z=8; r=6,2\ мм$; $D_g=D_e-2r=63,6\ мм; R_g=31,8\ мм$; угол наклона винтового зуба $\beta=18^\circ$; угловой торцевой шаг $\alpha'=\frac{360^\circ}{z}=\frac{360^\circ}{8}=45^\circ$; $\frac{\alpha'}{2}=22^\circ30'$ и $\frac{\alpha'}{4}=11^\circ15'$.

Необходимые для расчетов координат профиля эллиптического зуба величины углов $\frac{\alpha}{2}$ и $\frac{\alpha}{4}$ (нормальное сечение) находятся по зависимостям (12): $tg\frac{\alpha}{2}=tg\frac{\alpha'}{2}\cos\beta$ и $tg\frac{\alpha}{4}=tg\frac{\alpha'}{4}\cos\beta$, откуда при $\beta=18^\circ$ $\frac{\alpha}{2}=21^\circ24'$, а $\frac{\alpha}{4}=10^\circ42'$. При этих параметрах радиус точки касания эллипсов ($R_0=31,50\ мм$) рассчитывали по зависимости (13).

Задавая полярные углы φ_x от O до $\varphi_{\max}$, по алгоритму (13), (19), (20), (21), (30)-(32) находили координаты точек профилей $A-B-C$ и $C-D$ (см.таблицу, рис.4)

Размеры профиля эллиптического зуба

Выпуклый профиль $(A-B-C)$					Вогнутый профиль $(C-D)$				
№ п/п	φ_x^0	ε_x^0	x	y	№ п/п	φ_{x1}^0	ε_{x1}^0	x	y
1	0	0	0	38	1	0	0	9,34	23,84
2	10	1,6	1,08	37,9	2	10	2,4	8,38	24,32
3	20	3,2	2,12	37,6	3	20	4,6	7,53	24,98
4	30	4,7	3,06	37,10	4	30	6,6	6,83	25,79
5	40	0,1	3,90	36,45	5	40	8,2	6.28	26,70
6	50	7,36	4,60	35,67	6	50	8,37	5,9	27,69
7	60	8,45	5,17	34,72	7	60	10,17	5,7	28,72
8	70	9,35	5,57	33,8	8	70	10,6	5,68	29,75
9	80	10,05	5,82	32,82	9	78,75	10,7	5,70	30,6
10	90	10,5	5,89	31,8					
11	101,25	10,7	5,70	30,6					

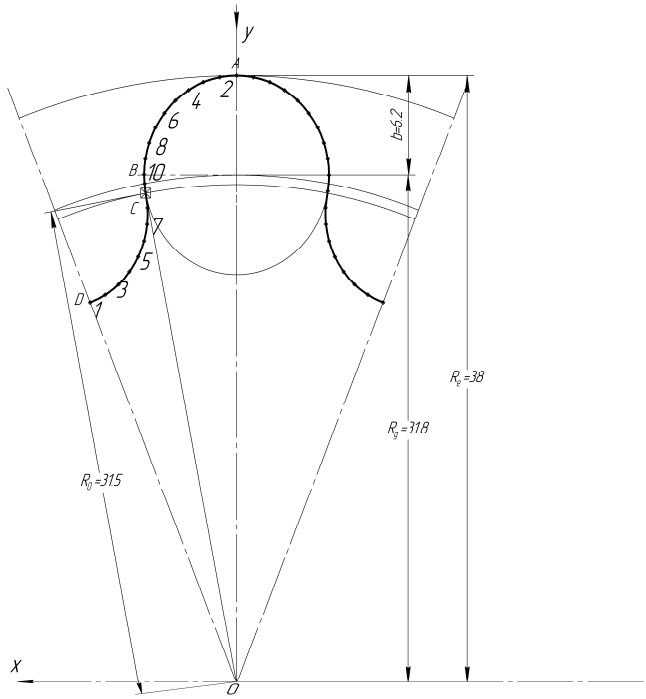


Рис.4. Теоретический профиль эллиптического зуба:

R_e =38 мм; R_g =31,8 мм; $в$ =6,2 мм; z =8; β =18°; $\frac{\alpha}{2}$=21°24′

Выводы:

1. Установлена связь между линейными и угловыми размерами зуба колеса в торцевом (задаются чертежом) и нормальном сечениях.

2. Для расчета координат профиля эллиптического зуба колеса найдены аналитические зависимости, адекватность которых подтверждена контрольными расчетами для шестерни масляного насоса.

Библиографический список

1. Зубчатые передачи: пат. № 2057267. Российская Федерация / Г.П. Гребенюк; зарег. от 27.03.96. – Опубл. в Б.И., 1999. – № 9.

2. Дихтярь Ф.С. Червячные фрезы для зубатых передач с зацеплением М.Л. Новикова / Ф.С. Дихтярь // Вестник машиностроения. – 1959. – №9. – С.8-13.

3. Семенченко И.И. Режущий инструмент / И.И. Семенченко. – М.: Машгиз, 1944. – Т. III. – 440 с.

4. Рыжкин А.А. Режущий инструмент: учеб. пособие. / А.А. Рыжкин, В.С.Дмитриев, В.С.Каганов. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2000. – 310 с.

5. Грубин А.Н. Зуборезный инструмент / А.Н. Грубин, М.Б.Лихциер, М.С.Полоцкий. – М.: Машгиз, 1946. – Ч.II.

6. Иноземцев Г.Г. Профилирование червячных фрез для передач Новикова / Г.Г. Иноземцев, Е.П.Сергиенко. – Саратов: Приволж. книжное изд-во, 1968. – 143 с.

7. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А.Семендяев. – М.: Физматгиз, 1962. – 608 с.

Материал поступил в редакцию 12.03.09.

**A.A. RYZHKIN, A.A. ANDROSOV, G.P. GREBENJUK,
M.V. SAVENKOV, V.V. VYALAYA**

DETERMINATION OF COORDINATES OF COG'S SIDES OF THE GEARS WITH ELLIPTIC PROFILE

Results of theoretical definition of coordinates of a cog side having in normal cross-section the elliptic profile are presented. Equations connecting angular and linear dimensions of cogs in face and normal cross-sections are obtained. The offered technique is usable for a determination of coordinates of the profile circumscribed by any plane curve of the second order.

РЫЖКИН Анатолий Андреевич (р.1938), заведующий кафедрой «Инструментальное производство» ДГТУ, доктор технических наук (1985), профессор (1986). Окончил РИСХМ (1960) по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».
Область научных интересов – повышение работоспособности режущих инструментов управлением термодиссипативными процессами в зоне резания.
Автор 355 научных работ, в том числе 8 монографий, 5 авторских свидетельств и патентов.

АНДРОСОВ Анатолий Александрович (р. 1938), заведующий кафедрой «Основы конструирования машин» ДГТУ, доцент, кандидат технических наук (1981). Окончил Оренбургский сельскохозяйственный институт (1962).
Область научных интересов – прочность и надежность машин и механизмов.
Автор более 80 научных статей и 7 авторских свидетельств и патентов.

ГРЕБЕНЮК Геннадий Петрович (р.1939), ведущий инженер кафедры «Основы конструирования машин» ДГТУ. Окончил Луганский машиностроительный институт (1967).
Область научных интересов – прочность и долговечность деталей машин.
Автор 3 научных статей и 5 авторских свидетельств и патентов

САВЕНКОВ Михаил Васильевич (р.1946), заведующий кафедрой «Графика и начертательная геометрия», доцент (1980), кандидат технических наук (1978). Окончил РИСХМ (1969).
Автор более 100 статей и 2 авторских свидетельств на изобретения.
Область научных интересов – работоспособность приводов машин.

ВЯЛАЯ Валерия Владимировна, студентка 5-го курса факультета «Технология машиностроения» ДГТУ специальности «Инструментальные системы машиностроительных производств».

aryzhkin@dstu.edu.ru
aandrosow@dstu.edu.ru

УДК 621.382.049.77 (075.8)

А.К. ТУГЕНГОЛЬД

АВТОНОМНОСТЬ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОСТЬ МЕХАТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье вводится представление о человеко-мехатронных системах; на основе анализа взаимодействия человека и мехатронного объекта формулируются понятия автономности и уровня интеллектуальности, предложены зависимости для определения соответствующих оценок.
Ключевые слова: *мехатронные объекты и системы, интеллектуальное управление, автономность, интеллектуальность.*

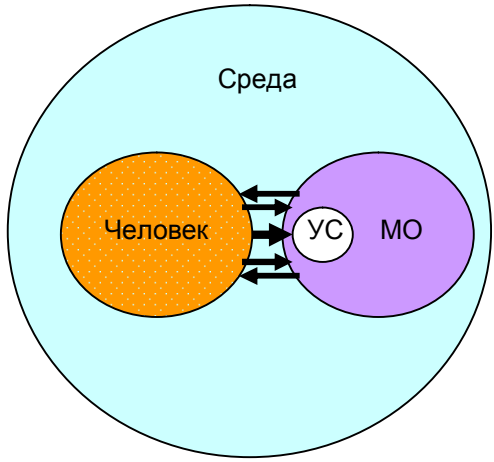
Введение. Мехатронные объекты (МО) [1] как сложные открытые системы, оснащенные интеллектуальным управлением, должны обладать рядом свойств, которыми обычные машины не наделены. К числу таких свойств относятся:

- способность достигать целей, меняющихся во времени;
- способность сопоставлять, использовать и преобразовывать знания для принятия решений и формирования управляющих воздействий;
- возможность ориентироваться в многообразии проявления внешней среды, варьируя методы взаимодействия с ней и выполняя прогнозируемые действия;
- принимать решения в условиях получения неполной и нечеткой информации;
- обеспечивать интеллектуальный интерфейс с пользователем, другими системами и МО;
- самостоятельно планировать ресурсы и концентрировать их в нужном направлении и пр.

В этих случаях им требуется обладать функциями принятия решений и управления, близкими к интеллектуальным функциям человека. Это дает возможность, в частности, восполнить утрачиваемый при автоматизации вклад опытного рабочего в достижение точности и производительности.

Здесь можно говорить теперь о ветви человеко-машинных систем – человеко-мехатронных системах. Если в первом случае понималось взаимодействие человека и ЭВМ, то во втором – взаимодействие человека с рабочей машиной – МО, имеющим компьютеризированную управляющую систему (УС) и выполняющим механические движения с целью преобразования энергии, информации и материалов главным образом в технологических целях (см.рисунок).

Задачи исследования. В данном случае важным являются исследования методов работы оператора-профессионала в области получения, переработки, представления и использования информации о состоянии среды и об элементах технологической системы, в том числе информации о характере протекания процессов выполнения технологических операций [2].



Человеко-мехатронная система

История развития техники характеризуется изменением степени участия в производственном процессе техники и человека. Если на начальном этапе эволюции развития техники (орудийном) основные производственные функции принадлежали человеку, то на последующих (машинных) этапах они все в большей степени передаются машине. Если принять во внимание традиционное определение машины как устройства, выполняющего механические движения с целью преобразования энергии, материалов и/или информации, то функции управления возлагаются на человека-оператора. В связи с развитием машиностроения существенно изменяется роль оператора во взаимодействии с машиной. Функции оператора эволюционируют от машин с ручным управлением до машин-автоматов и машин с программным управлением. Если, например, в станках-автоматах человек выполнял разработку технологической наладки, проектировал, изготавливал и устанавливал на станок механические элементы (дисковые и цилиндрические кулачки, копирные линейки и др.) для управления, то в станках с программным управлением его функции сводились к разработке программы и ее трансляции в систему ЧПУ станка. Кроме непосредственно управления человек выполняет здесь и такие функции, как материальное оснащение (например, подачу и установку заготовок), диагностику состояния и обслуживание станка, удаление стружки из рабочей зоны и пр.

Уже давно машины превзошли человека и другие живые организмы в силе, выносливости, скорости передвижения, высоте полета и многих других возможностях. На современном этапе происходит наделение машины интеллектуальными функциями, которые ранее были только прерогативой человека. Эти функции превращают машины в мехатронные объекты по определению.

Современные мехатронные системы, создаваемые для производства, при удовлетворении требований по таким категориям качества, как быстродействие, точность, надежность и пр., обеспечиваются новыми свойствами. К таким свойствам относятся способность перестраиваться при изменяющихся технологических условиях, адаптироваться к ставящимся целям, учитывать состояние самих мехатронных объектов, т.е. выполнять неформализуемые или трудноформализуемые задачи. В этих случаях им

требуется обладать функциями принятия решений и управления, близкими к интеллектуальным функциям человека.

В связи с тем, что МО существенно изменяют функции человека во взаимодействии с машиной и создают совершенно новые перспективы, анализ категорий качества мехатронных объектов с позиций системы «человек - машина» имеет, на наш взгляд, основополагающее значение в мехатронике.

По определению человеко-машинная система [man-machine system] – система, состоящая из людей и техники, причем все ее элементы (и человек, и машина) взаимно дополняют друг друга, используя, таким образом, преимущества и того, и другого. Основное преимущество человека – в его творческом разуме, умении подходить к решаемым задачам нестандартно, эвристически. Но человек уступает машине в быстродействии, способности точно выполнять однообразные вычисления и действия. Иначе говоря, человеко-машинная система - система, в которой человек-оператор или группа операторов взаимодействует с техническим устройством в процессе производства материальных ценностей, управления, обработки информации и т.д.

Ниже приведен перечень функций при выполнении некоторой операции человеко-машинной системой технологического назначения. Он представлен пронумерованным списком, взятым за основу, но не претендующим на всеобщность. При этом имеется в виду, что некоторые функции могут выполняться параллельно и/или в очередности, определенной алгоритмом функционирования конкретной системы. Кроме того, функции могут быть дифференцированы в зависимости от необходимой детализации.

1. Постановка глобальной цели, целевая установка.
2. Диагностика состояния внешней среды
3. Материальное оснащение машины.
4. Энергетическое оснащение машины.
5. Диагностика состояния машины.
6. Принятие стратегических решений управления машины.
7. Постановка локальных целей и задач.
8. Адаптация к условиям внешней среды и состоянию машины.
9. Выработка алгоритма действий (тактика).
10. Формирование управляющих воздействий.
11. Выполнение движений рабочих органов.
12. Анализ результатов действий и выполнения задач.
13. Оперативная коррекция функций (п.п. 6 - 10) для решения последующих задач.
14. Обучение и самообучение на базе опыта.
15. Текущее техническое обслуживание.
16. Обмен сигналами и информацией с внешней средой и другими машинами.

Нужно иметь в виду, что функции, о которых идет речь в этой статье, относятся к последовательности управленческих и иных действий, необходимых для выполнения задачи или достижения цели. Их нельзя смешивать с перечнем функций или операций, определяемых назначением машины. Например, для станка к такому перечню относятся выполнение операций фрезерования, сверления, растачивания отверстий и пр.

В приведенном перечне функций п. 1 – постановка глобальной цели или выработка целевой установки (обобщенной задачи) всегда выполняется человеком. Этот человек может принадлежать к разным рангам в иерархической системе управления. В одних случаях это может быть оператор низшего уровня (рабочий, наладчик) при управлении единичным технологических объектом, а в других – руководитель высокого уровня, например при разработке целевой установки для мехатронного космического объекта.

Анализ распределения перечисленных функций в человеко-машинной системе между человеком и машиной позволяет сформировать нижеприведенные показатели качества важные для оценки совершенства МО.

Одним из характерных показателей мехатроники следует считать ***автономность мехатронного объекта***. Автономность (от греч. autonomia – независимость) – самостоятельность, самоуправление; способность самостоятельно действовать, выполнять задачи в определенное время (например, беспилотный летательный аппарат или космический манипулятор).

Под автономностью МО понимается его способность самостоятельно выполнять поставленную человеком задачу (целевую установку) без непосредственного участия человека в процессе функционирования объекта. Автономность объекта одно из важнейших свойств, выражающееся в его способности функционировать независимо, без помощи каких-либо вспомогательных внешних систем. При этом ***пространственные и временные рамки выполнения задач определены человеком,*** дающим целевую установку.

В связи с тем, что мехатронный объект может быть наделен интеллектуальными функциями очувствления, принятия решений, управления и пр., количество функций, выполняемых объектом-машиной самостоятельно, возрастает по мере совершенствования МО. Критерий автономности позволяет оценить уровень создаваемого или действующего мехатронного объекта, являясь основанием для суждения о его важнейшем качестве.

Для оценки этого качества предлагается такой показатель, как ***коэффициент автономности*** мехатронного объекта, равный отношению числа функций, которые выполняются непосредственно объектом, к общему числу функций, реализуемых данной человеко-машинной системой:

$$k_a = K_m / K_f = K_m / (K_m + K_o), \qquad (1)$$

где K_m – количество функций в определенной человеко-машинной системе, выполняемых МО самостоятельно, K_f – общее количество функций, выполняемых человеко-машинной системой; K_o – количество функций, выполняемых человеком (оператором).

Если оценить коэффициент автономности с учетом того, что 1-я функция (постановка глобальной цели или целевая установка) выполняется непременно человеком, а не машиной, получим следующее выражение:

$$k_a = K_m / (K_f - 1). \qquad (2)$$

Современная тенденция при построении машин нового поколения заключается в разработке МО с высокой степенью автономности и соответствующем коэффициентом k_a, стремящемся к 1. Верхний предел определяет полную автономность системы.

Значение достижения высокой автономности, свойственной возможностям мехатроники, трудно переоценить. К преимуществам следует отнести и то, что с повышением автономности МО возрастает приоритет

машины в точности исполнения действий, быстродействии, надежности (работа без усталости и пр.), возможности работы во вредных или недоступных для человека условиях и пр., т.е. **по свойствам, ограниченным человеческими возможностями.**

Таким образом, историческое стремление человечества сделать машину автономной, связано, на наш взгляд, с двумя обстоятельствами:

- заставить машину самостоятельно работать, выполнять то, что поручил ей человек;
- заставить машину производить такие операции, которые он сам без машины выполнить не может, или не так качественно, как требуется.

В таблице показан пример сравнения автономности различных станков. Представлены 5 градаций машин от простого станка до МО с полно развитыми функциональными возможностями для работы в «безлюдном производстве», способного автономно функционировать в течение длительного срока – 24 часа и более. Аналогично - от манипулятора с ручным управлением до андроида (антропоморфного робота):

I – станок с ручным управлением;
II – станок-полуавтомат;
III – станок-автомат;
IV – станок с ЧПУ;
V – станок – мехатронный объект для безлюдного производства.

Станки с различной степенью автономности

Номер функции	I	II	III	IV	V
1					
2					+
3			+	+	+
4					
5					+
6					+
7				+	+
8					+
9				+	+
10		+	+	+	+
11	+	+	+	+	+
12					+
13					+
14					+
15				+	+
16				+	+

Примечание. Знаком « **+** » отмечены присутствующие в машинах функции.

Аналогично представленному сформированы более «частные» показатели качества МС по сравнению с общим показателем автономности. К ним отнесены:

- автономность управления;
- сенсорная автономность;
- автономность обучения системы;
- адаптационная гибкость (в том числе реконфигурация);

- самообслуживание (в том числе устранение неисправностей);
- сохраняемость автономного функционирования, возможно в рамках более простого (автоматного) поведения системы;
- материальная автономность;
- энергетическая автономность.

Характерным для мехатронных систем, необходимым и своевременным, следует считать введение оценки ***уровня интеллектуальности*** в выполнении информационно-управляющих функций при работе МО. Уровень интеллектуальности может быть оценен следующей зависимостью:

$$K_i = I_m/(I_m+I_o), \quad (3)$$

где I_o – объем принимаемых решений человеком (оператором); I_m – объем принимаемых решений интеллектуальной системой управления мехатронного объекта.

Если оценку объема принимаемых решений в выражении (3) заменить оценкой соответствующего количества интеллектуальных функций из общего вышеприведенного перечня функций, выполняемых человеко-машинной системой, то получим коэффициент уровня интеллектуальности в виде:

$$k_i = K_{im}/(K_{im}+K_{io}), \quad (4)$$

где K_{io} - количество интеллектуальных функций управления, выполняемых человеком; K_{im} - количество интеллектуальных функций, выполняемых системой управления МО.

В вышеназванном перечне функций к интеллектуальным отнесены:

- Постановка глобальной цели, целевая установка.
- Диагностика состояния внешней среды.
- Диагностика состояния машины.
- Принятие стратегических решений управления машины.
- Постановка локальных целей и задач.
- Адаптация к (текущим) условиям внешней среды и состоянию машины.
- Выработка алгоритма действий (тактика).
- Формирование управляющих воздействий.
- Анализ результатов действий и выполнения задач.
- Корректировка функций для решения последующих задач.
- Обучение и самообучение на базе опыта.
- Обмен сигналами и информацией с внешней средой и другими машинами.

Так, например, из данных таблицы в соответствии с выражением (4) следует, что мехатронный объект IV имеет коэффициент уровня интеллектуальности k_i, равный 0,33, а объект V – 0,92.

Заключение. В каждом случае проектирования мехатронного объекта конкретного назначения решения о предпочтительных уровнях и коэффициентах автономности и интеллектуальности принимаются с учетом множества факторов, в том числе, особенностей заказа, конкурентоспособности и сложившейся конъюнктуры рынка. Здесь в общем можно лишь говорить о тех мерах, которые целесообразно принимать для повышения этих качеств, ориентируясь на приведенный перечень функций некоторой человеко-машинной системы технологического назначения. Предложены следующие наиболее важные мероприятия из возможного перечня:

- Оптимизация сенсорной оснащенности, применение методов самостоятельной интеллектуальной оценки параметров состояния внешней среды, МО и выполняемых движений, обеспечение необходимой и достаточной информационной базы для принятия решений ИСУ [1].

- Оптимизация алгоритмов и моделей стратегических и тактических действий, формирования траекторий движения рабочих органов при автономном функционировании за счет применения методов искусственного интеллекта.

- Разработка и оснащение объектов аппаратными и программными средствами самообучения в процессе действий.

- Создание возможности достижения энергетической автономности для мобильных МО за счет достаточных емкостей аккумулированной энергии и минимизации ее расходования применением методов мехатроники [3].

- Доступность самостоятельного технического оснащения (например, заготовками, материалами и пр.) для проведения технологических операций в запланированное время.

Библиографический список

1. Тугенгольд А.К. Интеллектуальное управление мехатронными технологическими системами / А.К. Тугенгольд, Е.А. Лукьянов. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2004. – 117 с.

2. Тугенгольд А.К. Интеллектуальное управление технологическими системами / А.К. Тугенгольд, Е.А. Лукьянов, Э.В. Ремизов, О.Е. Коротков // СТИН. – 2008. – № 2. – С. 2-8.

3. Введение в мехатронику. Книга 1: учеб. пособие; изд. второе, перераб. и доп. /А.К. Тугенгольд, И.В. Богуславский, Е.А. Лукьянов и др.; под ред. А.К. Тугенгольда. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002. – 175 с.

Материал поступил в редакцию 10.02.09.

A.K.TUGENGOLD

AUTONOMY AND INTELLIGENCE OF MECHATRONICS OBJECTS

In clause the representation about man-mechatronics systems is entered; on the basis of the analysis of interaction of the man and machine of object the concepts of autonomy and level intelligence are formulated, the dependences for definition of the appropriate estimations are offered.

ТУГЕНГОЛЬД Андрей Кириллович (р.1937), заведующий кафедрой «Робототехника и мехатроника» ДГТУ, профессор, доктор технических наук (1983). Окончил РИСХМ (1960).
Область научных интересов: интеллектуальное управление технологическими системами, динамика и точность мехатронных систем.
Автор более 200 научных работ, в том числе 18 учебных пособий и монографий.

atugengold@dstu.edu.ru

УДК: 004.428 + 004.051

А.В.ПОБЕДЁННЫЙ

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Наличие на рынке большого числа однотипных информационных систем приводит к появлению проблемы выбора оптимального программного продукта, который бы наиболее полно соответствовал запросам организации или пользователя. Имеющиеся методики выбора оптимального продукта используют субъективную оценку либо требуют большого количества измерений и вычислений. В данной статье описан один из способов сравнения несколько информационных систем по интересующим пользователя показателям.

Ключевые слова: *информационные системы, оценка, потребительское качество, производительность.*

Для определения степени соответствия программного продукта (ПП) требованиям конкретного пользователя, как правило, необходимо располагать данными о значениях различных показателей, характеризующих процессы функционирования ПП в заданных условиях. Эти данные могут служить входной информацией для прогнозирования характеристик качества ПП. Информацию, описывающую процессы функционирования ПП, обычно делят на четыре типа [1]:

- Данные о рабочей нагрузке: количество обращений к системе в единицу времени, количество одновременно обрабатываемых запросов, величина очереди и т.д.
- Характеристики данных: объем данных, которыми оперирует система, объем данных, передаваемых по каналам связи в единицу времени и т.д.
- Данные, характеризующие уровень использования элементов вычислительной системы, например, коэффициент использования ресурсов процессора, оперативной памяти, сетевого интерфейса и т.д.

Однако конечного пользователя интересуют, в первую очередь, характеристики потребительского качества ПП: качество интерфейса, удобство работы, скорость выполнения операций. В литературе описаны методики для оценки некоторых из этих показателей. Так, осуществить оценку и выбор оптимальной ПП по критерию функциональной полноты позволяет методика [2], по качеству интерфейса [3], а по скорости реализации базовых функциональных операций [4]. Последняя методика предполагает измерение производительности системы, т.е. проведение серии замеров времени отклика ИС при изменении различных факторов: объемов справочников и рабочих таблиц, количества одновременно работающих пользователей, состава и характеристик технических средств. Для того чтобы количественно и с *минимальными трудозатратами* оценивать характеристики потребительского качества программной системы, необходим *специальный инструментарий*, обеспечивающий автоматизированное получение такой оценки.

Особенности предлагаемого подхода. Оценка значений характеристик качества ИС связана с наблюдением (мониторингом) за функционированием исследуемой программной системы в заданных условиях и, в частности, с замером времени реализации каждой функции.

Средства мониторинга предполагают проведение замеров при реальной нагрузке информационную систему, что часто не представляется возможным. Например, если данный программный продукт (ПП) должен обеспечить одновременную работу 60 пользователей, то для проведения измерений необходимо иметь 60 копий этого ПП, 60 компьютеров и 60 обученных пользователей, которые будут выполнять определенные действия с некоторой периодичностью. Затраты на проведение такого измерения очень высоки, а достоверность полученных данных будет существенно зависеть от действий конкретного пользователя. Для решения этих задач в последнее время используются различные инструменты для автоматизации процессов тестирования ЭИС, в частности, стресс-тестирование, которое позволяет анализировать поведение исследуемой программной системы при возрастающей нагрузке. Эти инструменты имеют встроенные средства замера и анализа определенных параметров системы, таких как время отклика, объем используемой памяти, процент использования пропускной способности сети и т.д.

При проведении стресс-тестирования выполняется имитация работы с программным продуктом большого числа пользователей. В процессе имитации может осуществляться запись действий пользователя в системе, запись и отсылка управляющих пакетов программы, запрос определенных ресурсов, заполнение БД случайными данными и т.д. Однако в большинстве случаев для проведения тестирования необходимо знание тонкостей программной реализации исследуемого ПП. Подготовка тестового сценария также требует значительных трудозатрат. Кроме того, *стресс-тестирование не позволяет* отследить *динамику* показателей производительности, степень влияния различных факторов и составить прогноз изменения показателей качества при изменении значений внешних факторов.

Поэтому представляется целесообразным создание информационной системы, базирующейся на интеграции инструментов стресс-тестирования и методики, описанной в [4]. Разработанная информационная система использует результаты стресс-тестирования в качестве исходной информации для построения системы моделей, позволяющих прогнозировать производительность ПП при реализации каждой функции и обеспечивает автоматизацию процессов построения регрессионных моделей, варьирования значения факторов и проведения замеров.

Примеры оценки производительности ПП. *Пример 1.* Использование созданной информационной системы рассмотрим на примере оценки времени выполнения функциональной операции «Получение ведомости остатков на складе» системой «1С Торговля и склад». В качестве факторов, влияющих на время выполнения операции, выбраны следующие: x_1 – документ «Ввод остатков по складу»; x_2 –- документ «Поступление материальных ресурсов»; x_3 – документ «Списание материальных ресурсов»; x_4 – справочник «Номенклатура»; x_5 – справочник «Единицы измерения».

В процессе исследования варьировалось число записей (документов) по каждому фактору в пределах между минимальным и максимальным уровнем. В соответствии с планом эксперимента проведено 32 группы измерений. После обработки результатов опытов для функциональной операции «Ведомость остатков на складе» было получено следующее уравнение:

$$y = 2{,}52 + 2{,}21x_1 + 2{,}38x_2 + 1{,}94x_3 + 0{,}22x_4 + 0{,}14x_5.$$

Проверка однородности дисперсий производилась по критерию Кохрена. Расчетное значение критерия составило 0,042, а табличное 0,1131, следовательно, гипотеза об однородности дисперсий подтверждается. Для проверки адекватности уравнения применялся критерий Фишера. Расчетное значение критерия Фишера составило 1,14, а табличное 1,43, следовательно, модель адекватна.

Расчетные значения t-критериев Стьюдента для коэффициентов b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 составили соответственно 2,23; 2,11; 3,05; 0,54; 0,78, а табличное значение равно 1,645 при уровне значимости 5%. Таким образом, окончательное уравнение регрессии для функциональной операции «Ведомость остатков на складе» приняло вид:

$$y= 2{,}52+ 2{,}21x_1 + 2{,}38x_2 + 1{,}94x_3.$$

Фактические и прогнозные значения времени выполнения функциональной операции «Ведомость остатков на складе», рассчитанные по этой модели, представлены на рис.1.

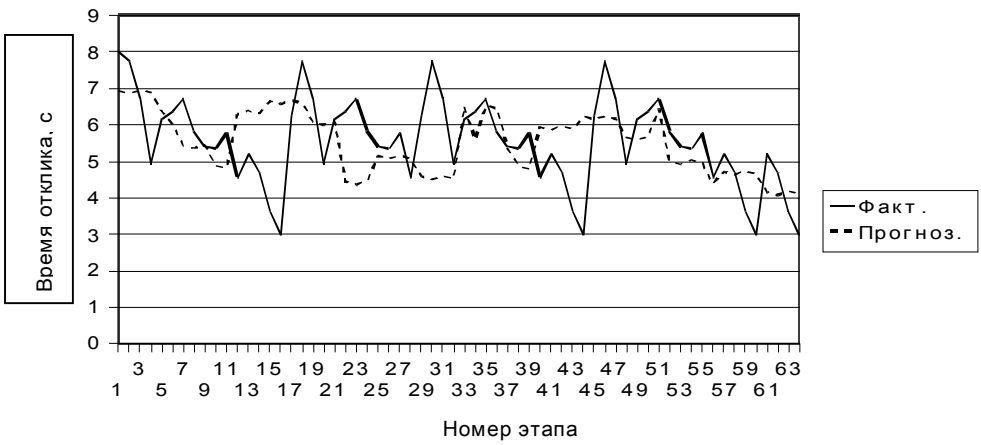


Рис.1. Фактические и прогнозные значения времени выполнения функциональной операции «Ведомость остатков на складе»

Полученные данные могут быть использованы для построения имитационных моделей, что позволит получать гистограммы распределения времени выполнения функциональной операции в конкретных условиях и оценку полных затрат времени на реализацию любых подмножеств функциональных операций.

Пример 2. Описанная система позволяет осуществлять сравнение различных ПП по производительности при выполнении заданного набора функциональных операций. Сравнение производительности ПП проведем на примере двух программных систем: системы «1С» версии 7.7 и системы

«Ананас», в которой была проанализирована аналогичная функциональная операция «Ведомость движения товаров по складу».

В качестве входных факторов при проведении дробного факторного эксперимента были выбраны системные таблицы ce129 (x_1), ce310(x_2), ce828(x_3), cg129(x_4), dh1002(x_5), dt101_126(x_6), ra296(x_7) и ra296_d304(x_8).

Планирование эксперимента проводилось на двух уровнях. Число параллельных опытов при проведении эксперимента было равно трем. На основании результатов опытов получено уравнение, позволяющее делать обоснованные выводы о влиянии анализируемых факторов на время выполнения функциональной операции «Ведомость движения товаров по складу»:

$$y= 3,24+ 0,45x_1 + 1,58x_2 + 0,2x_3 + 2,44x_4 +1,8x_5+ 3,74x_6+ 1,2x_7+ 0,73x_8.$$

Проверка однородности дисперсий производилась по критерию Кохрена. Расчетное значение критерия составило 0,023, а табличное 0,1131, следовательно, гипотеза об однородности дисперсий подтверждается. Для проверки адекватности уравнения применялся критерий Фишера. Расчетное значение критерия Фишера составило 1,36, а табличное 1,43, следовательно, мы можем принять гипотезу об адекватности модели при уровне значимости 5%. Расчетные значения t-критериев Стьюдента для коэффициентов b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6 , b_7, b_8 составили соответственно 2,78; 1,92; 0,03; 0,76; 3,24; 1,04; 0,12; 0,36, а табличное значение равно 1,645 при уровне значимости 5%.. Таким образом, окончательное уравнение регрессии для функциональной операции «Ведомость движения товаров по складу» приняло вид:

$$y= 3,24+ 2,51x_1 + 1,49x_2 + 1,8x_5 .$$

Анализ построенной модели показывает, что при увеличении каждого из факторов значение времени выполнения функциональной операции также будет увеличиваться.

Фактические и прогнозные значения времени выполнения функциональной операции «Ведомость движения товаров по складу», рассчитанные по этой модели, представлены на рис.2.

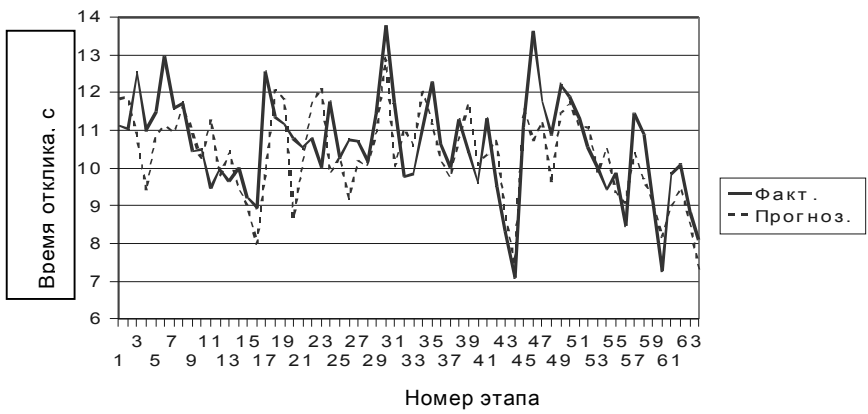


Рис.2. Фактические и прогнозные значения времени выполнения функциональной операции «Ведомость движения товаров по складу»

Из приведенных на рис.1, 2 данных видно, что, хотя время выполнения только *одной* конкретной *операции* исследуемыми программными системами отличается незначительно, но если в течение года пользователю необходимо реализовать эту операцию, например, 10 тыс. раз, то в этом случае разница в общих затратах времени может оказаться весьма значительной.

Выводы:

1. Разработанная система позволяет *с минимальными трудозатратами* проводить количественную оценку производительности *ЭИС* в конкретных условиях их применения. При этом эксперименты с исследуемым системой осуществляются в *автоматизированном режиме*.

2. По результатам экспериментов строятся регрессионные модели, позволяющие *прогнозировать* время реализации каждой функции в зависимости от значений факторов, характеризующих среду, в которой функционирует анализируемая ЭИС (*от объемов баз данных, количества одновременно работающих пользователей* и др.).

Библиографический список

1. Эффективные решения: практическое руководство по созданию гибкого и масштабируемого программного обеспечения; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

2. Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты / Г.Н. Хубаев // Программные продукты и системы (SOFTWARE&SYSTEMS). – 1998. – №2. – С.6-9.

3. Хубаев Г.Н. Сложные системы: экспертные методы сравнения // Приложение к журналу «Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион». Серия «Общественные науки». – 1999. – №3. – С.7-24.

4. Хубаев Г.Н. Сравнение программных продуктов по критерию «производительность» / Г.Н.Хубаев // Программные продукты и системы. – 2008. – №4.

Материал поступил в редакцию 25.03.09.

A.V.POBEDYONNY

INFORMATIONAL SYSTEM FOR PROGRAM PERFORMANCE ESTIMATION

Huge amount of similar informational systems available today inevitably causes the problem of 'the right choice'. There are plenty of ways to estimate product quality today, however most of them either gives subjective results or requires plenty of computations to be made by user. An alternate way of comparing two or more infromational systems by user-defined quality factors is described in the following article.

ПОБЕДЁННЫЙ Алексей Владимирович (р.1983), начальник группы разработки производственного центра «Регион-Сервис». Окончил РГЭУ (2005).
Область научных интересов: система поддержки принятия решений; автоматизация управления.
Автор 3 научных публикаций.

alexey.pobedyonny@gmail.com

УДК 621.865.8-83

Н.Ф. КАРНАУХОВ, М.Н. ФИЛИМОНОВ, Ю.В. ПУДОВА

ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА В РЕЖИМЕ ДВУХТОКОВОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ

Предложен метод уменьшения амплитуды колебаний звена подвижности (руки) промышленного робота, захватного устройства в режиме позиционирования. Особенностью метода является использование двухтокового динамического торможения асинхронного двигателя, работающего по схеме «АИН-АД» в режиме частотного управления. Программное формирование тормозного момента на валу асинхронного двигателя посредством взаимного поворота векторов магнитного поля статора и ротора с учетом амплитуды и фазы колебаний звена подвижности промышленного робота позволяет создать условия демпфирования и повысить точность позиционирования ЗУ при выполнении транспортных и технологических операций.
***Ключевые слова**: захватное устройство, амплитуда и фаза колебаний, двухтоковое динамическое торможение, асинхронный двигатель, электромеханическая система, «ползучая скорость», датчики, точность позиционирования.*

Введение. При частотном управлении скоростью асинхронного двигателя (АД) электромеханической системы (ЭМС), в частности, звеном подвижности захватного устройства (ЗУ) промышленного робота (ПР), эффективность работы последнего зависит от ряда факторов. К важнейшим из них следует отнести такой параметр, как точность позиционирования, определяющая возможности ПР при выполнении транспортных и технологических операций. Понятие точности в дискретных технологических процессах, выполняемых ПР с позиционной системой управления, связано с конечным положением рабочего органа (РО) или ЗУ и характеризуется погрешностью позиционирования РО. Процессы с непрерывными технологическими циклами связаны с применением контурных систем управления, если ставится задача по воспроизведению траектории движения РО. Рассматриваемые погрешности (позиционирования и отработки траектории РО) являются зависимыми параметрами от кинематических ошибок и передач отдельных степеней подвижности ПР. Поскольку ПР работают при больших скоростях и повышенных динамических нагрузках звеньев, появление деформаций несущих конструкций и неравномерность вращения ротора АД (при пониженной скорости перемещения звена подвижности к точке позиционирования), вызывают вибрации и колебания ЗУ. Известно [1,2], что при проектировании таких роботов появляется противоречие между быстродействием и точностью позиционирования, исключить которое достаточно сложно. По мнению авторов, влияние вибрации и колебаний на позиционирование ЗУ можно уменьшить, если ввести управляемое формирование момента торможения и ограничение амплитуды колебаний захватного ЗУ при выходе его в точку позиционирования. В этом случае можно использовать некоторые особенности работы частотно-управляемой системы «АИН-АД» [1], когда задача решается программно в процессе регулирования скорости АД, работающего в зонах пониженных и «ползучих» скоростей движения исполнительного механизма (ИМ) электромеханической системы (ЭМС).

Предлагаемое решение прошло экспериментальную проверку [3] и подтвердило основные положения метода.

Постановка задачи. Для повышения точности позиционирования РО, в частности, ЗУ ПР необходимо предложить метод демпфирования колебаний выходного звена подвижности (руки) с консольным креплением в направляющей цилиндрической системы координат ПР «Электроника НЦТМ-01» (рис.1). Исследования по повышению точности позиционирования ЗУ проводятся с использованием управляемого процесса двухтокового динамического торможения АД, работающего по схеме «АИН-АД» [4].

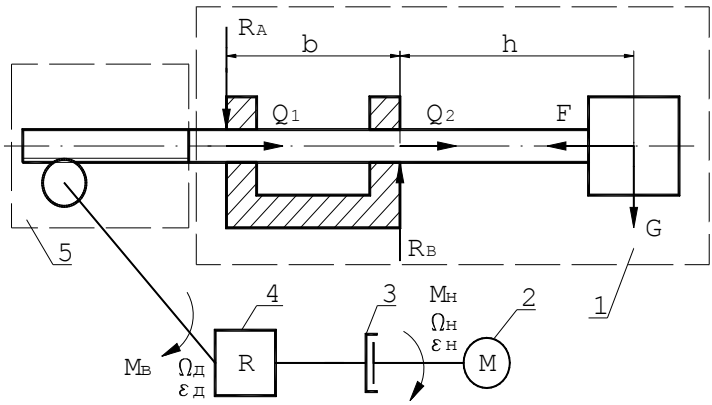


Рис.1. Кинематическая схема звена подвижности ПР: 1 – исполнительный механизм (конструкция руки робота и направляющих звена подвижности); 2 – исполнительный двигатель; 3 – муфта; 4 – редуктор; 5 – реечная пара

При анализе расчетной схемы (рис.2) предполагается равномерное распределение массы руки робота, а масса ЗУ и транспортируемого груза сосредоточены в одной точке. Принятые условия позволяют записать выражение для веса степени подвижности с объектом манипулирования:

$$G = (m + M_{С.П.}) \cdot g, \qquad (1)$$

где m, $M_{С.П.}$ – масса груза и руки робота (степени подвижности), g – ускорение свободного падения.

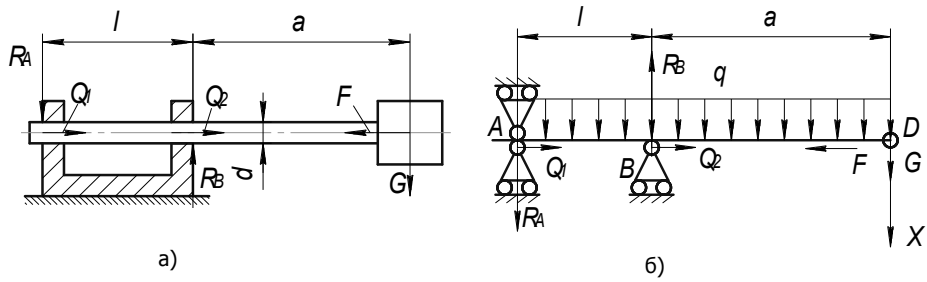


Рис.2. Расчетная схема взаимодействующих усилий в направляющих звена подвижности ПР

Расчетная схема руки манипулятора с одинарной направляющей (рис.2,б) выполнена в предположении равномерного распределения массы руки по длине звена подвижности, что позволяет записать:

$$q = \frac{M_{С.П.} \cdot g}{a + l}, \tag{2}$$

где a – вылет консоли направляющей (ход объекта манипулирования); l – расстояние между опорами. Если учесть диаметр направляющей d и коэффициент трения f между направляющей и втулкой, то неизвестные реакции в опорах R_A и R_B могут быть определены из условия равенства нулю изгибающих моментов относительно точек А и В, а моменты трения в опорах записаны в виде:

$$M_1 = f \cdot d \cdot R_A; \quad M_2 = f \cdot d \cdot R_B. \tag{3}$$

С учетом выражений (1), (2) и (3) реакции опор А и В можно определить по соотношениям [5]:

$$R_A = \frac{2 \cdot G \cdot (a - f \cdot d) - q \cdot (l^2 - a^2) - 2 \cdot q \cdot f \cdot d \cdot (l + a)}{2 \cdot l}; \tag{4}$$

$$R_B = G \cdot (l + a - f \cdot d) + q \cdot (l + a) \cdot \left(\frac{l + a}{2} - f \cdot d \right) \cdot \tag{5}$$

Для поиска деформации руки робота по оси X в точке А (рис. 2,б) используется интеграл Мора [5], что позволяет определить перемещение ЗУ под действием приложенных нагрузок из выражения

$$x = -G \cdot k_1 - q \cdot k_2, \tag{6}$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты при сосредоточенной и распределенной нагрузках соответственно составят

$$\mathrm{k}_1 = \frac{a^3}{6 \cdot E \cdot j} \cdot \left[2 \cdot \left(\frac{l}{a} + 1 \right) - \frac{f \cdot d}{a} \cdot \left(\frac{l}{a} + 3 \cdot (1 - f) \right) \right], \tag{7}$$

$$k_2 = \frac{a^4}{24 \cdot E \cdot j} \cdot \left[2 \cdot f \cdot \frac{d}{a} \cdot \left(\frac{l^2}{a^2} - \left(3 + 2 \cdot \frac{l}{a} \right) + 6 \cdot f \cdot d \cdot \left(\frac{l}{a} + 1 \right) \right) + \left(3 + 4 \cdot \frac{l}{a} - \frac{l^3}{a^3} \right) \right]. \tag{8}$$

Если под сосредоточенной силой G (см.рис.2) принять алгебраическую сумму силы тяжести и силы инерции

$$G = -m\ddot{x} - m \cdot g, \tag{9}$$

то для перехода к рассмотрению динамики центра масс ЗУ ось направляют в сторону действия силы тяжести (по оси X), и после некоторых подстановок и преобразований можно записать неоднородное дифференциальное уравнение стандартного вида:

$$\ddot{x} + k_1^2 \cdot x = G, \tag{10}$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{1}{m \cdot k_{11}}}, \text{ и } G = g + q \cdot \frac{k_{21}}{k_{11}}, \tag{11}$$

где k_{11}, k_{21} – коэффициенты различия направления силы трения при четных и нечетных колебаниях ЗУ.

Уравнение (10) представляет собой неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка. Для расчета сил реакций в опорах и анализа динамики движения руки ПР (манипулятора), построения зависимостей колебаний ЗУ в точке позиционирования D выполнены необходимые расчеты и проведено моделирование. В результате моделирования были получены графические зависимости колебаний ЗУ в точке позиционирования (рис.3) при различных массах нагружения.

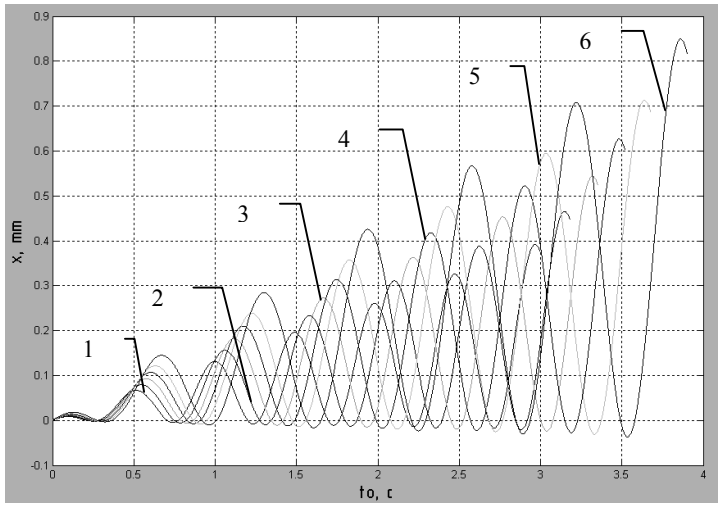


Рис.3. Графики колебаний ЗУ манипулятора
в точке позиционирования при различной нагрузке:
1 – 1 кг; 2 – 3 кг; 3 – 5 кг; 4 – 7 кг; 5 – 9 кг; 6 – 12 кг

На основе полученных колебаний, отличающихся амплитудой, фазой и периодом колебаний, построены взаимные зависимости: амплитуды колебаний (рис.4,а) и фазы колебаний (рис.4,б) от массы; амплитуды колебания от фазы (рис. 4,в).

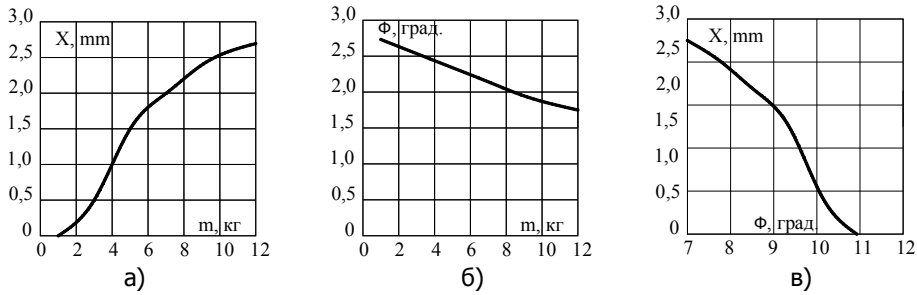


Рис.4. Взаимные зависимости колебаний: амплитуды от массы (а),
фазы колебаний от массы (б) и амплитуды колебаний от фазы (в)

Решение задачи по снижению колебаний ЗУ в процессе работы ПР, по предложению авторов, возможно с использованием принципа «двухтокового» динамического торможения АД [4], когда управление ЭМС осуществляется по схеме «АИН-АД» и программно (по разработанному алгорит-

му), а вектор магнитного потока статора АД может формироваться с углом отставания или опережения относительно ротора. Неравномерность вращения (перемещения) РО машины, включающей механизмы с постоянным передаточным отношением (зубчатых, шестерня - рейка и др.), зависит не только от соотношения сил движущих и сил технологического сопротивления, но и от фактора появления пульсирующего момента вращения на валу АД в зоне «низких и ползучих скоростей» [2] перемещения ИМ при гармонических составляющих тока статора.

Математическая модель объекта управления. С учетом реально существующих звеньев ИМ кинематическую схему (см.рис.1) можно рассматривать как классическую схему двухмассовой модели звена подвижности ПР (рис.5) с электромеханическим преобразователем (с двумя вращающимися инерционными элементами J_1 и J_2), связанными упругим звеном с жесткостью *С12*.

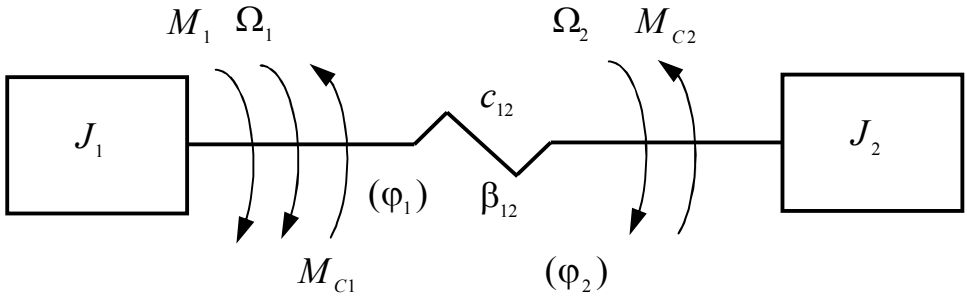


Рис.5. Двухмассовая модель звена подвижности ПР
с электромеханическим преобразователем

Математическая модель составлена для упрощенного варианта, когда двухмассовая модель приведена к эквивалентной одномассовой модели, что позволяет записать для АД следующую систему уравнений:

$$\begin{bmatrix} i'_{1\alpha} \\ i'_{2\alpha} \\ i'_{1\beta} \\ i'_{2\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -cr_1 & dr'_2 & \Omega_1 dL_{12} & \Omega_1 dL_2 \\ dr_1 & -br'_2 & -\Omega_1 bL_{12} & -\Omega_1 bL_2 \\ -\Omega_1 dL_{12} & -\Omega_1 dL_2 & -cr_1 & dr'_2 \\ \Omega_1 bL_{12} & \Omega_1 bL_2 & dr_1 & -br'_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_{1\alpha} \\ i_{2\alpha} \\ i_{1\beta} \\ i_{2\beta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c & 0 \\ -d & 0 \\ 0 & c \\ 0 & -d \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} u_{1\alpha} \\ u_{2\beta} \end{bmatrix};$$

$$J_1 \cdot \Omega'_1 = \frac{3}{2} \cdot p \cdot L_{12} \cdot (i_{1\beta} i_{2\alpha} - i_{1\alpha} i_{2\beta}) - M_{12} - M_{C1} - M_T;$$

$$J_2 \cdot \Omega'_2 = M_{12} - M_{C2};$$

$$M_{12} = c_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} \cdot (\Omega_1 - \Omega_2);$$

$$\varphi'_1 = \Omega_1;\ \varphi'_2 = \Omega_2;\ \Delta\alpha' = k_S \cdot \Omega_2, \qquad (12)$$

где $u_{1\alpha} = U_H \cdot \gamma \cdot cos(\alpha \cdot t)$; $u_{2\beta} = U_H \cdot \gamma \cdot sin(\alpha \cdot t)$; $L_1 = L_{12} + L_{\sigma 1}$;

$$L_2 = L_{12} + L_{\sigma 2};\ b = \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2};\ c = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2};\ d = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}.$$

Однако уравнения (12) не учитывают изменений в динамическом моменте на валу АД, возникающих при подаче постоянного тока управления в обмотки статора АД. Упрощенно указанное влияние можно ввести в математическую модель, дополнив ее уравнениями, в которых отражен фактор влияния изменяющихся параметров, включенных в указанные зависимости:

$$M_T = \frac{3I_П{}^2 L_{12}^2 \Omega_1^2 r_2'}{(1-s)\Omega_H \left[\left(\frac{r_2'}{1-s}\right)^2 + (L_{12}\Omega_1 + r_2')^2\right]}, \qquad (13)$$

$$I_П = \frac{1}{\sqrt{3r_2' L_{12}\Omega_1}} \sqrt{\frac{3U_H r_2'(1-s)\left[\left(\frac{r_2'}{1-s}\right)^2 + (L_{12}\Omega_1 + r_2')^2\right]}{s\left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (r_1 + r_2')^2\right]} - (M_{12} + M_{C1})(1-s)\Omega_H \left[\left(\frac{r_2'}{1-s}\right)^2 + (L_{12}\Omega_1 + r_2')^2\right]}. \qquad (14)$$

В уравнения (12)-(14) введены следующие обозначения: $i_{1\alpha}$, $i_{2\alpha}$, $i_{1\beta}$, $i_{2\beta}$ – токи в обмотках статора и ротора по координатным осям α и β; $u_{1\alpha}$, $u_{1\beta}$ – напряжения на обмотках статора по осям α и β; r_1, r_2' – активное сопротивление ротора и статора соответственно; L_1, L_2, L_{12} – индуктивности статора и ротора и взаимная индуктивность; $L_{\sigma 1}$, $L_{\sigma 2}$ – индуктивности рассеяния обмоток статора и ротора; p – число пар полюсов статора АД; U_H, γ, α – действующее и относительное значения, частота входного напряжения; c_{12}, β_{12} – коэффициент жесткости и сопротивления между массами ведущего и ведомого вала; $\Delta\alpha$, k_S – перемещение и коэффициент пересчета (усиления) выходного звена по пути; M_{12} – момент упругого взаимодействия; M_{C1}, M_{C2} – момент трения на валу АД и статический момент нагружения выходного вала; J_1, J_2 – моменты инерции ведущего и ведомого валов ИМ; φ_1, φ_2 – углы деформации, Ω_1, Ω_2 – скорости ведущего и ведомого валов ИМ; Ω_H – угловая скорость вращения поля статора; M_T – тормозной момент, обусловленный протеканием постоянной составляющей тока статора в режиме двухтокового динамического торможения; $I_П$ – постоянная составляющая тока статора в режиме двухтокового динамического торможения; s – скольжение.

Для уменьшения неравномерности вращения вала АД в [1,2] предложены специальные режимы работы АИН, обеспечивающие формирование выходной частоты тока фаз статора синусоидальной формы от 0,1 Гц и выше. Сохранение «синусоидальности» формы токов фаз статора АД в ши-

роком диапазоне позволяет избежать пульсирующих моментов на валу АД и уменьшить колебания ЗУ от влияния внешних сил, что должно соблюдаться при осуществлении режима двухтокового динамического торможения АД.

Двухтоковое динамическое торможение АД. Эффект возникновения на валу тормозного момента при питании статора постоянным током [6] позволяет совместить частотный и динамический режимы торможения при одновременном управлении переменным и постоянным токами в обмотках статора. При этом формируются расчетные динамические моменты на валу АД в режиме торможения и исключаются возможные удары в механической части ЭМС [7]. Такая система управления АД позволяет (по сигналам датчиков контролируемых величин) в соответствии с приведенными зависимостями (рис. 4) формировать целесообразное торможение звена подвижности в режиме демпфирования колебаний амплитуды ЗУ на определенном уровне (от 0,2 до 0,7 мм), зависимых от чувствительности датчиков и усиления сигналов в СУ. В общем случае процесс торможения АД можно рассматривать как результат взаимодействия эквивалентного двигательного и тормозного моментов, обеспечиваемых равенством намагничивающих сил (н.с.) постоянного тока подмагничивания статора [7,9] и приведенного переменного тока ротора. В этом случае результирующий момент на валу АД в режиме управляемого динамического торможения можно представить в виде алгебраической суммы действующих моментов в зависимости от уровня скорости (Ω), скольжения (s) по уравнению, т.е.

$$M = \frac{3 \cdot U_H^2 \cdot r_2'}{s \cdot \Omega_H \cdot \left(\left(\frac{r_2'}{s} \right)^2 + \left(L_1 \Omega_1 + L_2 \Omega_1 \right)^2 \right)} + \frac{-3 \cdot I_{II}^2 \cdot L_{12}^2 \Omega_1^2 \cdot r_2'}{(1-s) \cdot \Omega_H \cdot \left(\left(\frac{r_2'}{1-s} \right)^2 + \left(L_{12} \Omega_1 + r_2' \right)^2 \right)} . \quad (15)$$

На рис.6 построены качественные характеристики раздельного и совместного процессов динамического торможения системы «АИН-АД» при параметрическом способе регулирования скорости АД серии 4АА50А2У3 мощностью 90 Вт, $\Omega_н$ = 314 рад/с.

На приведенных характеристиках обозначены: a_0 – изображающая точка на естественной характеристике 1 двигательного режима работы АД при скорости Ω=28 рад/с; a_1, a_2, a_3 – изображающие точки на совместных механических характеристиках соответственно C_1, C_2, C_3, полученных с учетом характеристик 2,3,4 для скорости Ω=28 рад/с при разных токах подмагничивания; a_1 – изображающая точка совокупной характеристики, рассчитанная для скорости Ω=28 рад/с при токе подмагничивания $I_П$=0,05-0,25 А. Построение совместных механических характеристик C_1-C_3 сопряжено с рядом трудностей, обусловленных различием используемых электротехнических сталей магнитной системы [7,8] и достаточно сложными зависимостями между активными, индуктивными составляющими параметров АД при насыщении сердечников статора и ротора в зоне пониженных скоростей работы АД [1,2]. Ранее применяемая горячекатаная изотропная электротехническая сталь (1212 (Э12), 1312 (Э22), 1412(Э32) по ГОСТ 21427.3) в настоящее время в производстве электрических машин заменена холоднокатаной изотропной электротехнической сталью (2011, 2312, 2411, а также 2211, 2212, 2311,2412 по ГОСТ 21427.2 – 83). Вследствие высокой магнитной проницаемости указанной стали, пониженных удельных потерь при перемагничивании, малой разнотолщинности

и разноплоскостности структуры расчетные параметры АД необходимо соответственно корректировать. Применение указанных сталей в электромашиностроении позволяет повысить магнитные нагрузки, в частности, по напряженности (*H*, А/см) в 1,5 -2 раза.

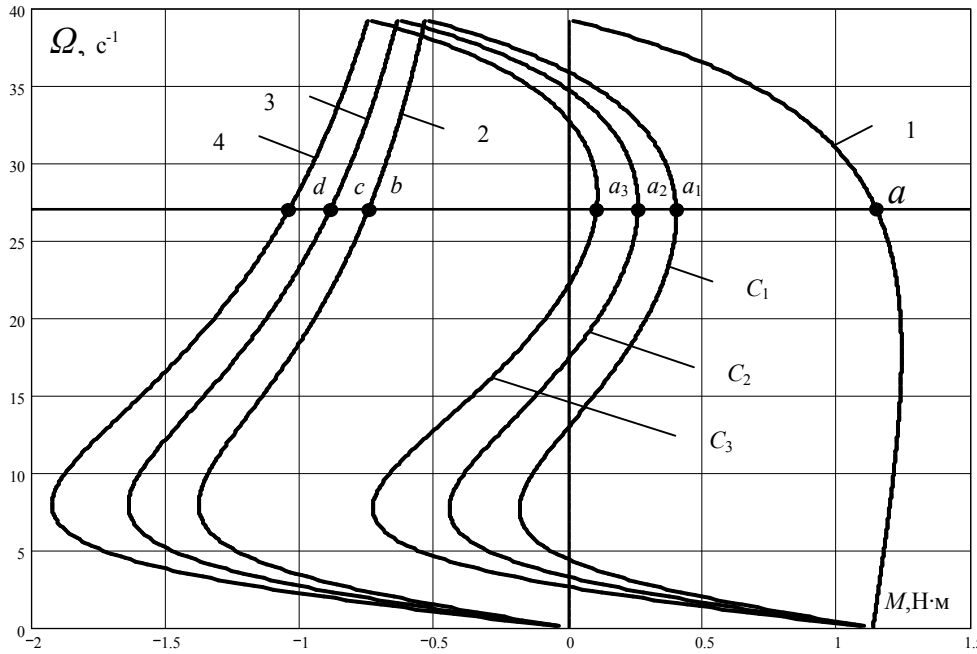


Рис.6. Траектории движения изображающих точек на механических характеристиках АД: 1 – естественная; 2,3,4 – динамического торможения; C_1, C_2, C_3 – совместные в режиме «двухтокового» динамического торможения

Результаты моделирования системы с дополненными уравнениями, отражающими фактор влияния изменяющихся параметров АД при введении контура подмагничивания током $I_П$, получены с использованием схемы объекта исследования, разработанной в Simulink (MatLab 6.5.) и дополненной специальными блоками [9]. Параметры АД (серии 4АА50А2У3, мощностью 90 Вт) использовались в качестве параметров блока Asynchronous Machine. При этом движение изображающей точки 1 (рис. 6), расположенной на механической характеристике Д1 (двигательного режима) в точке установившейся скорости движения ИМ, соответствует соотношению $M_H = M_C$ при скорости вращения вала $\Omega_B=\Omega_H$. Режим торможения начинается с плавного понижения напряжения U_1 и f_1 согласно принятому закону $U_1/f_1=const$ для исключения динамических ударов в приводной системе и исполнительном механизме.

В режиме «мягкого» торможения электропривода (от точки 1 до точки 2) при частотном управлении скорость вращения АД изменяется с сохранением момента M_H. Введение в точке 2 механической характеристики $\Omega=f(M)$ режима динамического торможения состояние АД соответствует двухтоковому торможению с плавным формированием тормозного момента $-M_{T1}$ и снижению скорости от точки 2 до точки 4 по кривой *T1*. Участок характеристики 2-3-4 (рис.7) имеет плавные переходы изменения скорости,

обусловленные постоянной времени нарастания постоянного тока в обмотке управления. В дальнейшем изменение скорости реализуется при постоянном тормозном моменте $-M_{T1}$ (постоянном ускорении торможения $-\varepsilon_T$) от точки 4 до 4′, что соответствует изменению скорости при постоянном тормозном моменте. На участке изменения скорости (точки 4′ – 5) характеристики изменяется режим работы АИН таким образом, что на «ползучей» скорости развивается момент вращения на валу АД, а тормозной момент при уменьшении тока подмагничивания $I_П$ уменьшается и АД работает под активным моментом на валу, снижая скорость от точки 5 до точки 7. Затем из точки 7 до точки 8 двигательного режима АД скорость снижается до полной остановки приводной системы промышленного робота при программном формировании вектора магнитного поля статора (за счет изменения алгоритма работы АИН) с отставанием на 1-2 электрических градуса от вектора магнитного потока поля ротора.

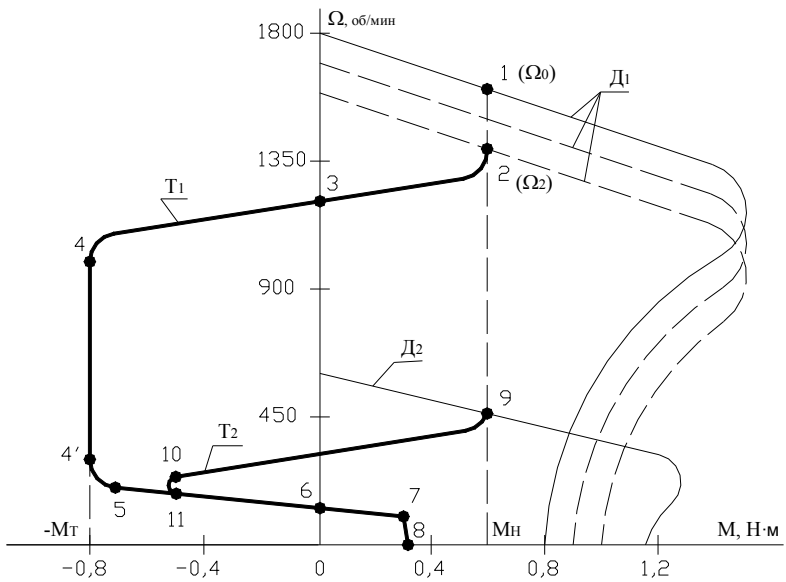


Рис. 7. Механические характеристики трехфазного асинхронного двигателя: Д, Т – двигательный и тормозной режимы работы АД

При этом для обеспечения постоянства тормозного момента, ускорения торможения (участок 4-4') регулирование величины постоянной составляющей тока статора находится в зависимости от текущих значений частоты f и напряжения U питания АД от АИН, угловой скорости вращения ротора Ω и момента на валу АД по принятому закону. Так как данный принцип торможения позволяет поддерживать постоянным ускорение, появляется возможность точной остановки позиционного привода промышленного робота в заданной точке.

Моделирование. При моделировании АД ротор машины замыкается накоротко, статор питается от АИН с ШИМ-модуляцией (рис. 8). Основная частота синусоидального напряжения изменяется от 0 до 60 Гц, а несущая частота имеет треугольную форму и равна 1980 Гц. Согласно рекомендациям [9,10], коэффициент частотной модуляции mf должен быть нечетным и кратным трем, т.е. mf = 33, что обеспечивает установленную несущую частоту 60х33=1980 Гц.

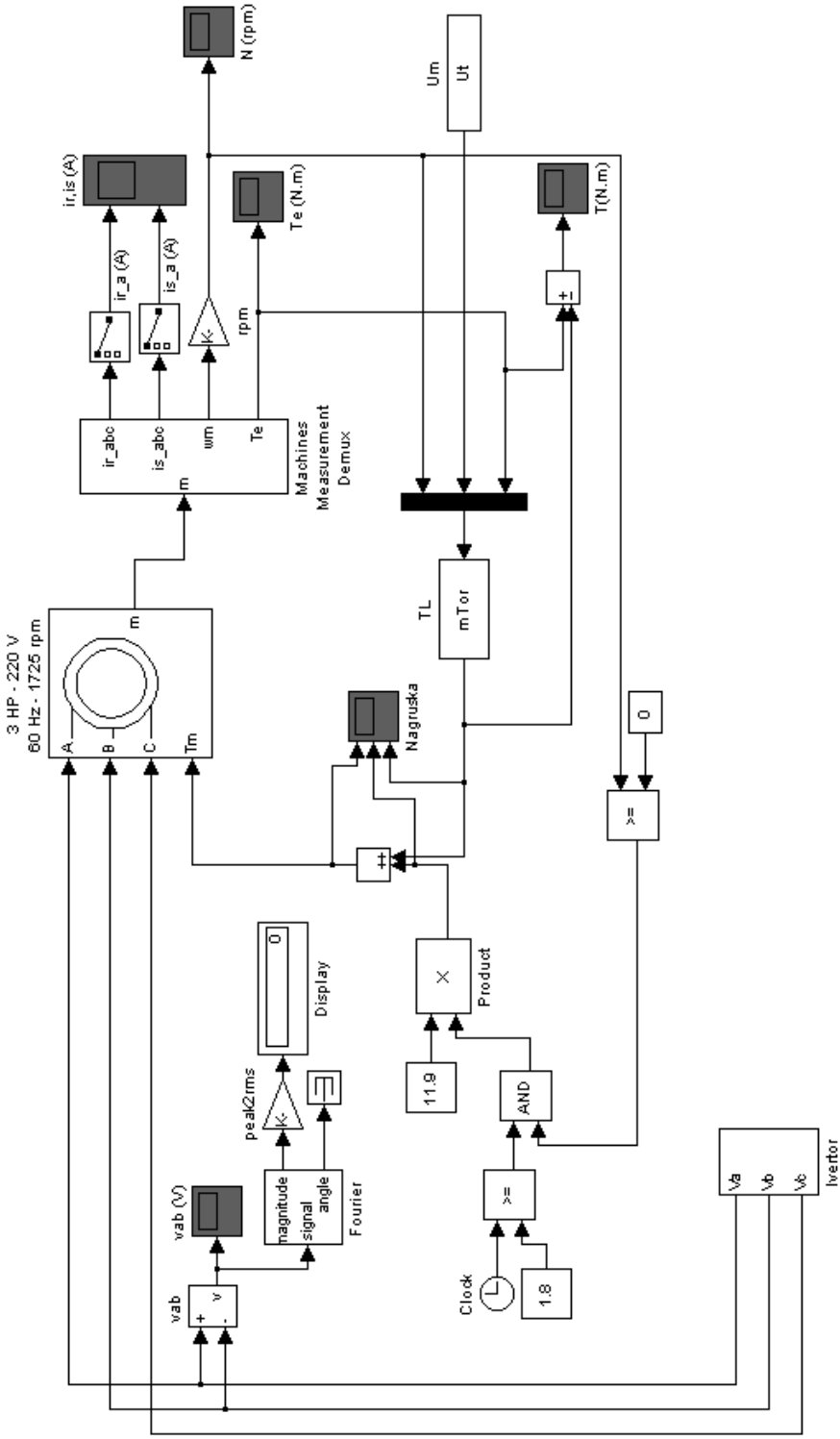


Рис. 8. Схема объекта исследования в Simulink (MatLab 6.5.)

Паспортные данные асинхронного двигателя 4АА50А2У3 используются в качестве параметров блока Asynchronous Machine, электромагнитный момент торможения от постоянного тока управления задается с помощью блока TL, который построен как S-function по уравнениям (13) и (14) и подается на вход Tm блока асинхронного двигателя (Asynchronous Machine) в расчетный момент времени.

Результаты моделирования. При запуске математической модели в Simulink моделирование подтвердило ожидаемые результаты по характерному изменению параметров скорости (рис.9) при пуске и торможении АД, а также соответствие формируемых моментов (рис.10) в процессе пуска и реализации двухтокового динамического торможения. Изменения скорости при торможении (точки 1-8, рис.9) соответствуют характеру формирования кривой (Т1) при динамическом торможении и полностью совпадают с ранее приведенными пояснениями (см.рис.7). Здесь участок 4-4′ характеристики $\Omega = f(-M_T)$ имеет достаточный диапазон изменения скорости (Ω) при изменении тормозного момента не более 5-10% от установленного программно при торможении, что позволяет производить торможение привода ПР (ЭМС) с постоянным ускорением торможения, без ударов в кинематической схеме передаточного механизма. На участке 4′-7 имеет место плавное снижение скорости движения ЗУ (руки ПР), когда АД из режима тормозного переходит в двигательный режим, формируя зону «ползучей» скорости движения ЗУ. При этом ЗУ перемещается с пониженной скоростью до полной остановки в точке позиционирования (участок 7-8), а управляемое «подтормаживание» АД в противофазе колебаниям ЗУ снижает амплитуду последних и способствует повышению точности позиционирования. При программном формировании управляемых динамических режимов ПР особую значимость имеет экспериментальное определение диапазона изменения тока подмагничивания статора постоянным током, исходя из условий желаемого демпфирования колебаний ЗУ при позиционировании.

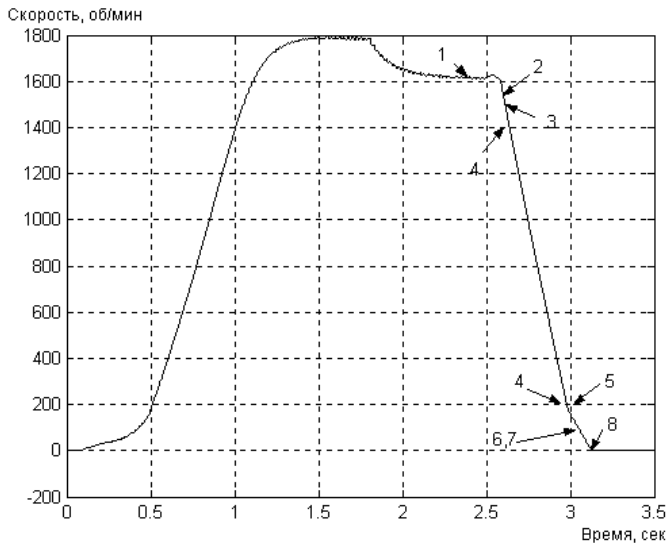


Рис. 9. Изменение скорости при разгоне и динамическом торможении АД

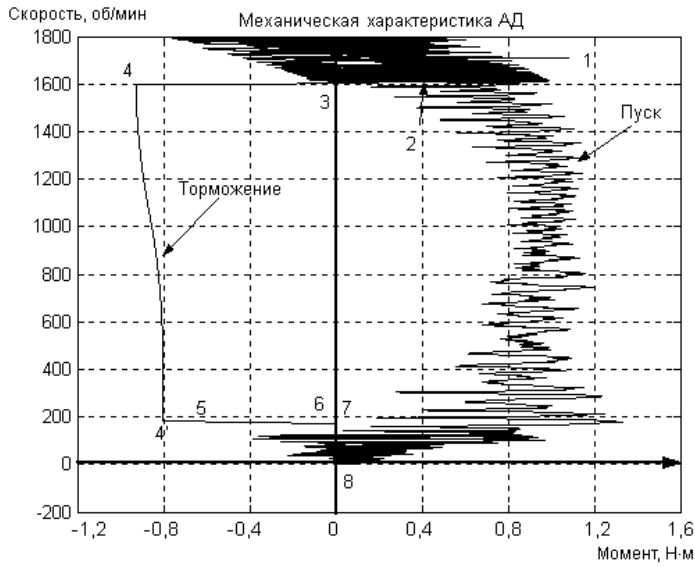


Рис.10. Результаты моделирования
пускового и тормозного моментов

Выводы. Метод управляемого двухтокового динамического торможения перспективен для широкого применения в системах частотного управления АД электроприводов ПР, позволяет программно управлять формированием уровня и фазой включения тормозного момента (в противофазе колебаниям руки ПР) с целью демпфирования колебаний звена подвижности ЗУ. Поскольку амплитуда и фаза колебаний являются зависимыми параметрами от масс и моментов инерции подвижных звеньев ПР, то момент формирования режима «подтормаживания» на низких и «ползучих» скоростях движения ЗУ должен осуществляться с учетом чувствительности датчиков контроля указанных параметров.

Библиографический список

1. Карнаухов Н.Ф. Асинхронный привод механизмов малых перемещений / Н.Ф. Карнаухов, М.Н. Филимонов, С.А. Ушаков // Новые технологии управления движением технических объектов: мат. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. – Ростов н/Д: Издательство СКНЦ ВШ, 2001. – 133 с.

2. Карнаухов Н.Ф. Энергетические показатели электропривода при частотном способе управления асинхронным двигателем / Н.Ф. Карнаухов, В.А. Прус, М.Н. Филимонов // Динамика технологических систем: тр. VIII Междунар. науч.-техн. конф. – Т.III. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007. – 219 с.

3. Карнаухов Н.Ф., Филимонов М.Н., Ушаков С.А. Установка для демонстрации рекламно-информационного материала и устройство управления перемещением носителя. Патент на полезную модель. № 36914 РФ, МПК^7 G 09 F 13/00 H 02 P-7/36. – Опубл. в БИ, 2004. – № 9.

4. Карнаухов Н.Ф. Особенности формирования двухтокового динамического торможения асинхронного двигателя мехатроннной системы при частотном управлении / Н.Ф. Карнаухов, М.Н. Филимонов, Н.В. Деркачев // Мехатроника – 2008: мат. IV Междунар. науч.-практ. студ. коллоквиума, 18-20 июня / ЮРГТУ. – Новочеркасск, 2008. – С. 17-20.

5. Робототехнические системы в сборочном производстве; под ред. Е.В.Пашкова. – Киев: Вища школа, 1987. – 272 с.

6. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / А.А. Булгаков. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.

7. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах / А.Д. Поздеев. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. -172 с.

8. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах и вопросы их проектирования: учеб. пособие для вузов / О.Д.Гольденберг, О.Б. Буль, И.С. Свириденко, С.П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольденберга. – М.: Высшая школа, 2001. – 512 с.

9. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р.Т. Шрейнер. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654 с.

10. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003.

Материал поступил в редакцию 03.03.09.

N.F. KARNAUKHOV, M.N. FILIMONOV, J.V. PUDOVA

DAMPING OF THE VIBRATIONS OF A GRIPPING DEVICE OF AN INDUSTRIAL ROBOT IN A REGIME OF A TWO CURRENTS DYNAMIC SLOWDOWN OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR WITH FREQUENCY CONTROL

A method of reducing the amplitude of fluctuations in moving body of the industrial robot, gripping device in positioning mode. A feature of the method is to use two currents dynamic slowdown an asynchronous motor, running on a «autonomous voltage inverter - induction motor» in the frequency control. Program forming torque on the shaft of asynchronous motor through the mutual rotation vectors of the magnetic field of stator and rotor taking into account the amplitude and phase fluctuations in moving body of the industrial robot allow more accurate positioning gripping device in the performance of the transport and manufacturing operations.

КАРНАУХОВ Николай Федорович (р.1938), профессор кафедры «Робототехника и мехатроника» ДГТУ, кандидат технических наук (1984). Окончил Уральский электромеханический институт (1963).
Область научных интересов: электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов, полупроводниковые преобразователи частоты промышленных установок и устройств электрохимической защиты подземных металлических сооружений от коррозии.
Автор более 100 научных работ, 10 авторских свидетельств на изобретения и патенты РФ.

ФИЛИМОНОВ Максим Николаевич (р. 1976), старший преподаватель кафедры «Робототехника и мехатроника» ДГТУ. Окончил Донской государственный технический университет (1999).
Основная тематика научной деятельности: частотно-регулируемый электропривод мехатронных систем и технологического оборудования.
Автор более 16 научных работ. Имеет два авторских свидетельства на изобретения и патенты РФ.

ПУДОВА Юлия Владимировна, студентка 5-го курса факультета «Автоматизация, мехатроника, управление» ДГТУ.
Основное направление научной деятельности: разработка математических моделей частотно-регулируемого электропривода и их исследование.

E-mail: maxfil2006@yandex.ru.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 336.6 (075.8)

Т.В. ГАПОНЕНКО, Е.А. ДЬЯЧЕНКО

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ КАПИТАЛОМ В УСЛОВИЯХ СТАНОВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКИ ЗНАНИЙ

Конец XX – начало XXI столетия отмечен зарождением и развитием нового типа экономики, основанной на знаниях. Процессы перестройки проникли и в систему менеджмента организации. Статья посвящена исследованию вопросов управления интеллектуальным капиталом в экономике нового типа.
Ключевые слова: *интеллектуальный капитал, сетевые модели в управлении, эффект сетевого взаимодействия, технология и методология принятия управленческих решений.*

Введение. В последнее время все больше говорится об обособлении интеллектуального капитала в самостоятельный объект экономических и управленческих отношений. Интеллектуальные ресурсы становятся основным ресурсом организации, определяющим ее конкурентоспособность и способность к развитию. П.Друкер назвал перемещение главной производственной силы с индустриальных работников и крестьян на «работников знаний» управленческой революций [1]. Новые тенденции в управлении зародились в 80-х годах XX века, и процесс перестройки отношения к управлению как к менеджменту знаний продолжается до сих пор.

Интеллектуальный капитал как основа построения «общества знаний». Переход к новому типу экономики вызывает необходимость перестройки системы менеджмента организации. В условиях «старой» индустриальной экономики, основанной на использовании материальных средств производства, управление осуществлялось в форме бюрократии, характеризующейся авторитаризмом, иерархией, строгим разделением функций и ответственности. В условиях новой «инновационной» экономики, основанной на знаниях, эффективной становится так называемая адхократия, «характеризующаяся небольшими командами, постоянным обучением персонала, гибким разделением функций и ответственности. Основным ее содержанием становится добровольное творческое участие персонала (и не только, но и всех контрагентов) в процессе постоянного совершенствования совместной деятельности» [2].

В условиях построения «общества знаний» управленческая деятельность рассматривается как использование менеджером своего интеллектуального капитала в достижении целей организации. За использование своего интеллекта менеджер получает компенсацию в виде жалования. Оценка эффективности деятельности управленческого работника может быть внешней и внутренней, в форме самооценки. При соответствии внутренней самооценки менеджером своих усилий полученным внешним результатам, оцененным со стороны, не возникает конфликтных ситуаций.

Если же задание потребовало от менеджера значительных умственных усилий, а результат либо вознаграждение оказались неадекватными затраченному труду, то это означает либо низкую профессиональную пригодность менеджера, либо недооценку его деятельности. Последнее является достаточно опасным для современных организаций, так как человеческий капитал является достаточно подвижным и может быть утерян с уходом ценных специалистов. Например, в России Гута-банк был первым, создавшим у себя Интернет-трейдинговую систему. В марте 2000 г. сотрудникам этого передового подразделения Альфа-банк предложил лучшие условия. Переход в Альфа-банк разработчиков этой системы, а также специалистов, непосредственно работавших с клиентами, привел к тому, что позиции Гута-банка в этом направлении ослабли, а конкурент получил возможности для увеличения доли рынка [3].

Принимая решение, менеджер использует свои навыки и умения, опыт, организационные возможности, то есть свой интеллектуальный капитал. По отношению к организации интеллектуальный вклад менеджера, так же, как и другого работника, является человеческим капиталом. Согласно интерпретации страховой компании Scandia [2], интеллектуальный капитал организации состоит из следующих компонентов:

- человеческого капитала: совокупности умственных способностей и нравственных устоев работников организации (знания, навыки, творческие способности, моральные ценности, культура труда);

- организационного капитала: результатов мыслительной деятельности работников, воплощенных в техническом и программном обеспечении, патентах, товарных знаках и знаках обслуживания, организационной структуре. С одной стороны, организационный капитал является накоплением опыта использования человеческого капитала, а с другой, он предназначен для повышения эффективности реализации работниками своих интеллектуальных способностей;

- потребительского капитала, который образован в результате взаимодействия с клиентами и включает информацио*н*ную клиентскую базу, клиентские контракты и отношения, неконтрактные клиентские отношения.

Все чаще достижения организаций определяются удачно найденными решениями в сфере управления интеллектуальным капиталом.

Сетевые модели как форма организации управления интеллектуальным капиталом. Для достижения наибольшего эффекта от использования знаний и опыта работников необходимо развитие как интеллектуальных способностей, так и организационных возможностей. На современных предприятиях разработка и реализация решений проводится в условиях единого информационного поля, образованного сетью пользователей информации. Особенностью сетей является необходимость вовлечения как можно большего круга участников для их эффективного действия. Чем больше знаний, опыта, практических навыков работников вовлечено в решение проблемы, тем больше шансов на ее успешное разрешение. Эффективному использованию знаний способствует и развитие организационных условий, направленных на раскрытие потенциала работника, стимулирование его творческих способностей.

В новых производственных условиях особенно важным становится взаимодействие между членами коллектива, так как сложность современных проблем требует привлечения широкого круга специалистов. Потребность во взаимодействии является еще одним признаком сетевой организации управления.

Потребность сетей в постоянном расширении как залоге выживания широко проявляется на рынке товаров и услуг в виде конкуренции стандартов, когда побеждает не то решение, которое имеет лучшие результаты, а принятое большинством потребителей. Известным примером является результат борьбы между операционными системами Mackintosh и Microsoft, когда главной причиной победы Microsoft стало не техническое совершенство и не цена, а быстрое распространение своей продукции в целях утверждения нового стандарта для отрасли.

Таким образом, можно говорить о возрастании роли сетевых моделей в современном управлении, при этом организация воспринимается как часть единой сети со своими стандартами и нормами поведения. Следует подчеркнуть, что сеть включает не только потребителей, но и других производителей данной отрасли, что увеличивает роль информационного обмена между предприятиями-конкурентами. Информационный обмен может быть как добровольным, так и нет («промышленный шпионаж»), но в любом случае он является необходимым для успешного развития сети, так как именно свобода проникновения информации и распространения знаний определяют успех сети. Согласно работе [2], «эффект сетевого взаимодействия» порождает такие новые явления, как возрастающая предельная полезность и растущая доходность при увеличении масштабов производства. Первое явление означает рост эффективности дополнительно вовлекаемых ресурсов, что противоречит постулату классической экономической теории об убывающей полезности дополнительно привлекаемых ресурсов. Эффект масштаба производства в сети проявляется в росте результативности деятельности при увеличении числа членов сети.

Принятие решений при управлении интеллектуальным капиталом. Система принятия управленческих решений является одним из элементов интеллектуального капитала организации наряду с системами принятия технологических и конструкторских решений, формальных и неформальных внешних и внутренних связей, совокупностью уникальных решений, выполненными ранее проектами. Рассматривая деятельность по принятию решений как часть менеджмента знаний организации, можно определить **управленческое решение** как **результат индивидуальной или коллективной интеллектуальной деятельности субъекта управления в условиях организационных возможностей фирмы, направленный на совершенствование совместной деятельности**.

В процессе построения экономики нового типа, базирующейся на использовании элементов интеллектуального капитала, меняется и технология принятия решений. Если в индустриальной экономике принятие нестандартных, творческих решений было скорее прерогативой руководителей высшего звена управления, в то время как руководители среднего и особенно низшего звена ограничивались принятием стандартных, рутинных решений, то в экономике нового типа принятие оригинальных решений становится необходимостью даже на самых низких уровнях управления.

Кроме того, при переходе к сетевым моделям управления меняется и сама иерархия управления, так как отпадает потребность в промежуточных управленских звеньях.

В рамках процессов глобализации и укрупнения предприятий и организаций все большее число решений разрабатывается и принимается не единолично, а группой лиц. Коллективными становятся и процессы контроля за исполнением решения. В такой ситуации происходит разделение ответственности на всех членов коллектива. При этом снижение уровня ответственности за последствия решения в определенной степени удобно для руководителя, однако, при коллективном принятии решений он теряет инициативу в управлении.

Методология принятия решений также адаптируется к новым условиям. На первый план выходят решения, разработанные с помощью методов, основанных на неаргументированных доказательствах, на представлениях или образах, неосознанных импульсах, иначе говоря, на интуиции. Известны слова А.Моруа о том, что «мало зарегистрировать наблюдение, учесть результат анализа, надо уметь их истолковывать … Далеко не все данные поддаются количественному учету. Нюх, острый глаз, гениальная догадка – без них не обойдешься». Поэтому методы, основанные на интуиции и знаниях, получают новый импульс развития и становятся достаточно актуальными при управлении интеллектуальным капиталом, особенно в условиях возрастания неопределенности внешней среды, затрудняющей применение количественных методов при принятии решений.

В арсенале методов разработки управленческих решений отдельно стоит выделить методы активизации интеллектуальной деятельности, к которым можно отнести методы психологической активации (конференции идей, «мозговой штурм», метод вопросов и ответов), теоретико-игровой метод, методы подключения новых интеллектуальных источников [5].

С другой стороны, развитие современных информационных технологий выводит на качественно новый уровень методы управления, основанные на количественной информации. Поэтому при разработке решений при управлении интеллектуальным капиталом необходимо сочетание количественных и качественных методов.

Выводы. Управление в современных организациях все больше ориентируется на использовании умственных способностей работников и их нравственных устоев, что в совокупности с результатами мыслительной деятельности работников, воплощенных в виде организационных, технических, информационных, общественных достижений и связей организации, образует интеллектуальный капитал организации. Содержание процесса управления в условиях становления экономики, основанной на использовании знаний как главного элемента эволюционного развития, претерпевает существенные изменения.

Все большее число компаний, ориентированных на лидерство в своем сегменте рынка, выбирают сетевую модель управления компанией, обеспечивающую наибольшую эффективность использования знаний. Это обусловлено расширением объемов используемой информации благодаря росту числа участников сети. Сетевая модель управления также способствует созданию атмосферы, стимулирующей раскрытие творческих способностей работника.

В новых условиях изменяются и подходы к принятию решений, связанных с управлением интеллектуальным капиталом. Задачи разработки нестандартных, творческих решений становятся повседневной реальностью не только для верхнего, но и для более низкого уровня управления. Дальнейшее развитие получают методы активации умственных, творческих способностей работников, вовлеченных в процесс управления.

Библиографический список

1. Druker P.F. Management: Talks, Responsibilities, Practices. – N.Y.: Harper & Row, 1974. – 840 p.
2. Интеллектуальный капитал – стратегический потенциал организации: учеб. пособие; под ред. А.Л.Гапоненко, Т.М.Орловой. – М.: Издательский дом «Социальные отношения», 2003. – 184с.
3. Сваровский Ф. Секретное оружие / Ф. Сваровский // Ведомости. – 2000. – 28 августа.
4. Экономика знаний / В.В. Глузов, С.Б. Коробко, Т.В. Маринина. – СПб: Питер, 2003. – 528 с.
5. Смирнов Э.А. Управленческие решения / Э.А. Смирнов. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 264 с.

Материал поступил в редакцию 15.02.09.

T.V. GAPONENKO, E.A. DYACHENKO

MANAGEMENT ORGANIZATION BY INTELLIGENT CAPITAL UNDER CONDITIONS OF BUILDING ECONOMY OF KNOWLEDGE

The XX-end and XXI-beginning of century is marked by appearance and development new type of economics, founded on the knowledge. Perestroyka processes are involved in the system management. This article is devoted to the research questions of management by intelligent capital in new type economy.

ГАПОНЕНКО Татьяна Валерьевна, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ДГТУ, кандидат экономических наук (2006). Окончила ЮРГТУ (НПИ) (1999).
Область научных интересов: менеджмент организаций, управленческие решения, интеллектуальный капитал.
Автор 22 научных работ.

ДЬЯЧЕНКО Елена Анатольевна, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ДГТУ, кандидат технических наук (2005). Окончила ДГТУ (1998).
Область научных интересов: менеджмент организации, интеллектуальный капитал.
Автор 40 научных работ.

gaponenko@mail.ru
adjachenko@dstu.edu.ru

УДК 005.591.6

К.А. БАРМУТА

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Рассмотрены различные подходы к определению структуры работ по выполнению инновационных проектов, предложена авторская схема, отражающая основные этапы реализации инновационных проектов.
Ключевые слова: *инновация, инновационный проект, этапы реализации проекта*

Введение. Для сохранения лидирующих позиций на мировых рынках развитые страны, обладая приоритетными правами на созданные ими передовые технологии, ограничивают их распространение в страны-конкуренты. Ограждая внутренние рынки собственной продукции, они активно борются за внешние, к которым относится и потенциально емкий российский рынок. В лице России развитые страны хотят видеть только дополняющего, а не конкурирующего с ними компаньона по кооперации. Поэтому только с выбором инновационного пути развития у России появляются реальные возможности выхода на мировой рынок с конкурентоспособной продукцией.

Инновации в современных условиях хозяйствования играют важную роль в создании новых рабочих мест, эффективном развитии процессов общественного воспроизводства на всех уровнях управления экономикой. Проведение научно-технических мероприятий, связанных с внедрением инноваций и осуществлением проектов, предполагает обеспечение конечного экономического эффекта, который отражается в повышении эффективности хозяйственной деятельности предприятия.

Постановка проблемы. Под инновационным проектом обычно понимается совокупность документов, определяющих систему научно обоснованных целей и мероприятий по решению какой-либо проблемы, организацию инновационных процессов в пространстве и времени [1] или комплекс работ, охватывающий как научно-исследовательскую, так и деятельность по освоению (внедрению) полученных в ходе ее проведения научных результатов [2]. Как правило, любой инновационный проект охватывает либо полный инновационный цикл, либо неполный или отдельные его стадии и этапы. Проекты бывают научно-исследовательскими, прикладными, внедренческими, организационно-управленческими, структурными и т.д.; широко распространены проекты смешанного типа. Инновационные проекты на промышленном предприятии могут быть самыми разноплановыми, а именно: разработка и внедрение новой техники, новых материалов, методов организации производства, прогрессивных технологий, формирование и реализация кадровой, ассортиментной, инвестиционной политики, совершенствование организационной структуры управления и т.д.

Рассмотрим основные этапы реализации инновационных проектов, а также различные точки зрения по данной проблеме. Разделение ком-

плекса работ по реализации инновационных проектов на отдельные этапы позволяет не только определенным образом организовать выполнение проекта, но и упорядочить решение отдельных задач в стройную систему по достижению главной цели, определить последовательность выполнения работ.

Необходимо отметить, что проблема определения структуры работ по выполнению инновационных проектов стала рассматриваться в отечественной литературе сравнительно недавно. В настоящий момент прослеживается как нехватка литературы по данному вопросу, так и недостаточная, на наш взгляд, проработка самого вопроса, и как следствие, отсутствие устоявшейся (традиционной) точки зрения на данную проблему.

Результаты. Проблемам инновационной деятельности промышленных предприятий и оценки инновационных проектов посвящены труды отечественных экономистов В.В.Березина, Л.П.Гончаренко [3], В.Г.Медынского [4], а также последние исследования и публикации С.В.Валдайцева, Т.А.Егоровой, А.П.Ковалева, М.Л.Новожилова [5] и др. А.К.Казанцев и Л.С.Серова рассматривают инновационный проект как процесс, развивающийся во времени, и указывают на следующие основные этапы его реализации [1]:

- формирование инновационной идеи (замысел). Это процесс зарождения инновационной идеи и формирование генеральной (конечной) цели проекта. На этом этапе определяются конечные цели (количественная оценка по объемам, срокам, размерам прибыли) проекта и выявляются пути их достижения, определяются субъекты и объекты инвестиций, их формы и источники;

- разработка проекта. Это процесс поиска решений по достижению конечной цели проекта и формирование взаимосвязанной по времени, ресурсам и исполнителям комплекса заданий и мероприятий реализации цели проекта. На этом этапе осуществляются сравнительный анализ различных вариантов достижения цели проекта и выбор наиболее жизнеспособного (эффективного) для реализации; разрабатывается план реализации инновационного проекта; решаются вопросы специальной организации для работы над проектом (команда проекта); производится конкурсный отбор потенциальных исполнителей проекта и оформляется контрактная документация;

- реализация проекта. Это процесс выполнения работ по реализации поставленных целей проекта. На этом этапе осуществляется контроль исполнения календарных планов и расходования ресурсов, корректировка возникающих осложнений и оперативное регулирование хода реализации проекта;

- завершение проекта. Это процесс сдачи результатов проекта заказчику и закрытие договоров (контрактов). Этим завершается жизненный цикл инновационного проекта.

Во многом сходное, но более детализированное представление об основных этапах реализации инновационных проектов (рис.1) у другого коллектива авторов [6].

Рис. 1. Этапы прохождения проекта

В целом при всей логичности и обоснованности выделения вышеуказанных этапов реализации инновационных проектов рассмотренные подходы имеют ряд существенных недостатков:

во-первых, в приводимых схемах не рассматриваются вопросы оценки реализуемости инновационных проектов. Вместе с тем инновационные проекты нацелены на получение инноваций, а, следовательно, сопряжены с большой неопределенностью относительно конечных результатов. В этой ситуации просто необходимо проводить оценку реализуемости мало- или неэффективных инновационных проектов с тем, чтобы избежать неэффективного использования ресурсов. Более того, как справедливо отмечает Б. Твисс, "оценка проекта должна стать непрерывным процессом, предусматривая в любой момент остановку работ в свете дополнительной информации" [7]. При этом процедура оценки реализуемости инновационных проектов на ранних этапах реализации инновационных проектов должна служить не только инструментом отбора проектов, но и являться важнейшей системой оперативного управления проектом;

во-вторых, инновационные проекты могут предполагать проведение НИОКР для их реализации, а могут опираться на внедрение (освоение) уже разработанных новшеств, т.е. включать в себя комплекс работ, которые будут сильно различаться по своему характеру. Вместе с тем, данное обстоятельство также не отражено в рассмотренных подходах;

в-третьих, в вышерассмотренных схемах не предусматривается возможность прекращения проектов в случае выявления их технической неосуществимости или при прогнозе неудовлетворительной коммерческой эффективности проекта, а также воздействия других факторов. Кроме того, данные схемы содержат целый ряд мелких недочетов и погрешностей. Так, например, в первом варианте совершенно непонятно для организации (предприятия)-исполнителя или для заказчика рассматриваются этапы реализации инновационного проекта. В частности, одной из составляющих этапа формирования идеи является определение субъектов и объектов инвестиций, что предполагает реализацию проекта организацией (предпри-

ятием)-исполнителем, в то же время на этапе разработки проекта одной из составляющих является проведение конкурсного отбора потенциальных исполнителей проекта, что присуще организации (предприятию)-заказчику, и снова на этапе завершения проекта утверждается, что присутствует процесс сдачи результатов проекта заказчику, т.е. данный этап рассматривается для предприятия (организации)-исполнителя.

По нашему мнению, необходимо уточнить этот вопрос и внести ясность. Кроме того, надо учитывать также и тот факт, что инновационный проект может реализовываться в рамках определенной организации (предприятия), которая будет являться и заказчиком, и исполнителем.

Во втором варианте подразделения инновационного проекта на составляющие его этапы выделяется этап "Определение", результатом которого является программа проекта, и выделяется этап "Подготовка", результатом которого является программа реализации. Не совсем четко прослеживается различие между программой проекта и программой реализации. В то же время вызывает сомнение и последовательность предлагаемых этапов реализации инновационных проектов - "Плана" и "Подготовки". Ввиду того, что план в общепринятом понимание является конечным и четко обозначенным вариантом действий, процесс подготовки осуществляется до принятия планового решения.

С учетом вышеизложенного более обоснованным является несколько иной вариант деления инновационного проекта на отдельные этапы, предлагаемый специалистами ЮНИДО (Организация Объединенных Наций по промышленному развитию) и рассматриваемый отдельными отечественными исследователями. В соответствии с этим вариантом в инновационно-инвестиционных проектах выделяют три фазы: прединвестиционную, инвестиционную, эксплуатационную. В свою очередь, эти фазы подразделяются на отдельные стадии, которые включают в себя определенный перечень работ. Тем не менее, и данный подход не лишен ряда вышерассмотренных недостатков.

В наиболее обобщенном виде этапы реализации инновационного проекта, по нашему мнению, будет целесообразно представить в виде определенного алгоритма (рис.2), из которого отчетливо видно, что в случае проведения НИОКР в ходе реализации инновационного проекта число его этапов существенно увеличивается. Кроме того, в зависимости от цели исследования можно произвести и более детальное рассмотрение каждого из этапов реализации инновационного проекта.

Первоначальный этап осуществления инновационного проекта связан не только с определением идеи, базисного замысла инновационного проекта, но и с формулировкой, хотя бы в наиболее общем виде, конечной цели проекта.

При этом необходимо учитывать, что должны быть определены как коммерческие (экономические) цели от реализации проекта (прибыль), но также и то, что будет результатом инновационного проекта – за счет чего будет получена прибыль, т.е. хотя бы описательная характеристика предполагаемой инновации.

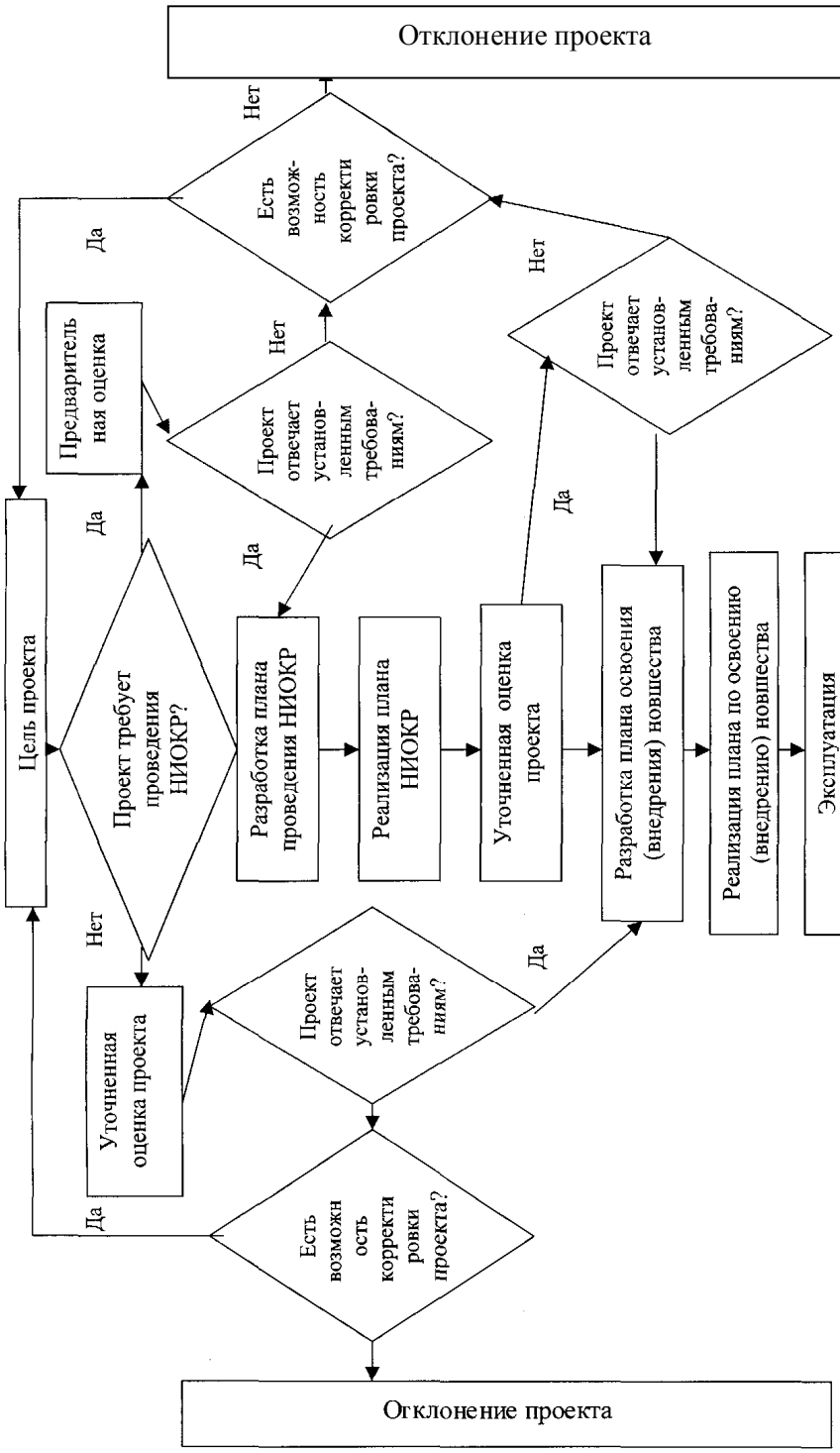


Рис. 2. Основные этапы реализации инновационных проектов

На необходимость установления конечных целей на первоначальном этапе реализации инновационного проекта указывают многие авторы. Так, например, Б. Твисс подчеркивает, что "каждый проект должен начинаться с четкой постановки цели, в достижении которой он и заключается и относительно которой оценивается успех проекта" [7]. Аналогичной точки зрения придерживаются и многие другие авторы. В этой связи отправной этап реализации инновационных проектов не вызывает сомнения.

Следующим важным шагом на пути реализации инновационных проектов является выяснение вопроса о необходимости проведения НИОКР в ходе осуществления проекта. Ответ на данный вопрос позволяет предпринять дальнейшие адекватные действия по проведению инновационных проектов.

Последующие этапы, связанные с разработкой плана НИОКР или плана освоения новшества, а также их последующей реализации, мы подробно рассматривать не будем, так как содержание процесса планирования с учетом специфики планируемой деятельности является хорошо изученным, и имеется масса литературы по данному вопросу.

В свою очередь, осуществление предварительной и уточненной оценок реализуемости инновационных проектов требует использования уже имеющихся или разработки новых методик, позволяющих это сделать. Отличие же предварительной оценки от уточненной состоит в том, что проект оценивается в условиях большей неопределенности, связанной с технической осуществимостью проекта, а также с более длительным временем получения конечных результатов. При этом на схеме указаны лишь основные (обязательные) моменты, когда необходимо осуществлять оценку реализуемости инновационных проектов. Вместе с тем не отрицается возможность периодической переоценки инновационных проектов в ходе их реализации. Необходимо отметить и тот положительный момент, что на схеме рассматривается возможность корректировки инновационных проектов в том случае, если их реализация наталкивается на непреодолимые препятствия или происходит отклонение от ранее намеченных планов. При этом соответственно изменяются и изначальные цели проведения проекта.

Выводы. В данной статье рассмотрены концептуальные подходы к определению структуры работ по выполнению инновационных проектов и предложена авторская схема, отражающая основные этапы проведения инновационных проектов. При этом было показано место совокупности работ по оценке реализуемости инновационных проектов в ходе их осуществления.

Библиографический список

1. Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / Р.А. Фатхутдинов. – М.: ЗАО "Бизнес-школа Интел-Синтез", 1998. – 599 с.

2. Инновационный менеджмент: справ. пособие; под ред. Б.Н.Завлина, А.К.Казанцева, Л.Э.Миндели; изд. 2-е, переработ. и доп. – М., ЦИСН, 1998. – 586 с.

3. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / В.В. Березин, Л.П. Гончаренко. – М: КНОРУС, 2005. – 544 с.

4. Медынский В.Г. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / В.Г. Медынский. – М: ИНФРА-М, 2002. – 295 с.

5. Управление инновационными и инвестиционными процессами формирования и развития промышленных предприятий: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. 15—16 мая 2008 г. – СПб.: СПбГИЭУ, 2008. – 431 с.

6. Инновационный менеджмент: учебник для вузов/ С.Д. Ильенкова, Л.Х. Гохберг, С.Ю. Ягудин и др.; под ред. С.Д. Ильенковой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1999. – 327 с.

7. Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями; пер с англ. / Б.Твисс. – М.: Экономика, 1989. – 217 с.

Материал поступил в редакцию 11.11.08.

K.A. BARMUTA

THE BASIC STAGES OF REALIZATION OF THE INNOVATION PROJECTS

The various approaches to definition of structure of works on performance of the innovation projects are considered, the author's circuit reflecting the basic stages of realization of the projects is offered.

БАРМУТА Каринэ Александровна, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ДГТУ (2005), кандидат экономических наук (2001). Окончила ДГТУ (1998) по специальности «Экономика и управление на предприятии машиностроения».
Научная деятельность связана с инновационными и инвестиционными процессами на машиностроительных предприятиях.
Автор 40 научных трудов.

b_karina@mail.ru

УДК 379.85

И.В. ПОПОВА

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТУРИСТСКОГО СПРОСА

Туризм как вид деятельности направлен на предоставление туристскими предприятиями различного рода услуг и товаров туристского спроса с целью содействия удовлетворению разнообразных культурных, духовных, познавательных и других потребностей туристов. Статья посвящена раскрытию современных тенденций на рынке туристических услуг, предопределяемых интересами и платежеспособностью различных групп населения.
Ключевые слова: *туризм, туристский продукт, туристское планирование, туроператоры, турагенты, туристский спрос.*

Введение. Туризм по праву считается глобальным социально-экономическим явлением современного мира. Возникновению в XIX веке туристских организаций, впервые создавших «туристский продукт» для последующей продажи, предшествовал многовековой период путешествий людей. Подвиги первопроходцев и первооткрывателей, а также развитие цивилизации послужили основой для формирования потребности каждого человека открыть мир для себя. К туризму следует относить не путешествия древности, средневековья и последующих столетий до первой трети XIX века, какими бы уникальными и выдающимися они ни были, а факт производства туристского продукта, развитие производственных отношений [1].

Возникновение туристской инфраструктуры непосредственно связано с развитием железнодорожного транспорта. Вслед за Англией железные дороги строятся во Франции, США, Германии, Бельгии, России (1825-1836 гг.). Первые пассажирские перевозки способствовали появлению необычного бизнеса – организации массовых «железнодорожных прогулок». Все это позволило в дальнейшем создать многопрофильные туристские предприятия, которые разрабатывали маршруты и экскурсионные программы, обеспечивали питание туристов, бронировали места в отелях, изучали конъюнктуру туристских услуг.

Обратившись к современному состоянию развития туризма, исследователи характеризуют его как крупный бизнес, глобальное социально-экономическое явление современного мира, отрасль с интенсивным развитием. Каждое пятнадцатое рабочее место в мире создается туристской деятельностью. Помимо экономического влияния на жизнь общества велики социальные последствия туризма (рациональное использование свободного времени, обеспечение занятости, рост жизненного уровня населения и др.). Исследователи отмечают и гуманитарное значение туризма, предоставляющего возможности для развития личности, расширения познавательного горизонта, творческого потенциала человека.

Развитие туризма, то есть «деятельности лиц, которые путешествуют и осуществляют пребывание в местах, находящихся за пределами их обычной среды, в течение периода, не превышающего одного года подряд, с целью отдыха, деловыми и прочими целями», на протяжении более полу-

тора веков не было однотипным. В разные периоды времени оно характеризуется преобладанием разных факторов, особенностей, тенденций, что побуждает исследователей заниматься его периодизацией [3].

В научной литературе представлены различные критерии периодизации туризма. Наиболее распространено выделение трех этапов. На первом этапе возникают специализированные предприятия по производству туристской услуги, зарождается массовый туризм (с начала XIX века до начала XX века), носящий черты элитарного времяпрепровождения. Второй этап (с начала XX века до второй мировой войны) считается периодом становления массового туризма «на индустриальные рельсы». Третий этап (реализация массового туризма) – это период после второй мировой войны; ему присуще формирование туристской индустрии в качестве межотраслевого комплекса по производству туристского продукта.

Критериями такой периодизации явились технико-экономические и социальные предпосылки, целевые функции туризма. Периодизация представляется принципиально правильной для характеристики узловых моментов развития туризма в мире.

Указанная периодизация отражает генезис теоретических подходов относительно сущности туризма. Во-первых, туризм рассматривается с функциональных позиций как временная миграция населения, проводящего активный и пассивный отдых вне постоянного места жительства, как особый вид *потребительского спроса*. Во-вторых, с организационных позиций туризм связывается с возникновением в системе общественного разделения труда особой деятельности, выполняемой туристскими организациями. В-третьих, с индустриальных позиций туризм соотносится с возникновением системы взаимосвязанных организаций различных отраслей (индустрии туризма), специализирующихся на удовлетворении потребностей туристов.

Выделяют восемь факторов, влияющих на развитие туризма (природная среда, экономика, научно-технический прогресс, демография, урбанизация, информация, общество, культура). Предполагается, что они ведут к возрастанию спроса и предложения на туристском рынке, усиливают прогрессивные тенденции.

При исследовании переходного этапа туризма в России в состав факторов включены, в частности, регулируемое, программное развитие туризма, планомерная государственная финансовая поддержка, доля издержек на импорт в доходах страны от туризма. При этом выделяемые факторы частично отождествляются с методами управления развития туризмом. В зарубежных исследованиях факторы развития туризма сведены к социологическим, экономическим, технологическим и политическим. Кроме того, не следует, прежде всего ориентироваться на количественный аспект развития, хотя он, в свою очередь, определяет особенности развития туризма.

Туристское планирование ставит своей целью сформулировать задачи развития туризма, а также определить средства их достижения, стремясь к получению максимальных поступлений от развития туризма с экономической, социальной, культурной точек зрения, а также с учетом необходимости обеспечения динамического равновесия между туристским предложением и спросом.

Исторический анализ свидетельствует о том, что в 50-90 гг. туристское планирование в России, да и во всем мире развивалось быстрыми темпами, хотя и носило иногда бессистемный и беспорядочный характер. И, тем не менее, начиная с первых исследований, посвященных исключительно развитию местной инфраструктуры и использованию достопримечательностей в туристских целях, прослеживается четкая тенденция, которая видна в планах развития отдельных туристских секторов вплоть до комплексного туристского планирования, которое представлено в общих планах туристского развития целого ряда стран.

За последнюю четверть века методы планирования претерпели серьезные изменения. Одновременно в связи с бурным развитием теории информации возникает множество математических моделей, а также система дифференцированных моделей. Меняется также и сам подход к планированию. Наиболее предпочтительным в области туристского планирования является системный подход. Он предполагает всю сферу туристской деятельности (компоненты туристского рынка, их взаимозависимость), а также политические, экономические, социальные аспекты и их взаимовлияние. Этот подход основывается на концепции туристского продукта (полный комплекс туристского сервиса, который включает размещение, обслуживание, развлечения, транспорт и т.д.).

В плане туристского планирования концепция туристского продукта очень удобна, так как процесс его создания является положительным моментом по двум причинам: во-первых, для того чтобы быть привлекательным и конкурентоспособным, туристский продукт должен обеспечивать оптимальное использование существующих ресурсов, во-вторых, условием производства туристского продукта является сотрудничество всех заинтересованных в развитии туризма сторон (органов управления, руководителей гостиниц, турагентств и туроператоров, транспортных компаний, банков и т.д.).

В процессе планирования менеджер должен обеспечить создание привлекательного и конкурентоспособного туристского продукта для массовой реализации на рынке. Прежде чем приступить к разработке планов, необходимо ознакомиться с существующим положением дел, что обусловливает необходимость изучения и анализа:

- туристского предложения;
- туристского спроса.

Туристический спрос характеризуется целым комплексом особенностей и специфических черт, отличающих его от спроса на рынках других товаров и услуг: разнообразие участников туров, различных по своим материальным возможностям, духовным потребностям, социальной и профессиональной принадлежности, возрастным категориям и т.д.; большая, чем у других материальных и духовных благ эластичность, отражающая неоднородность потребителей - туристов. Причем эластичность в данной отрасли определяется не только по цене или доходу, но и «по времени».

Спрос в туризме практически не поддается организации: значительная территориальная разобщенность и подвижность, свойственные туризму, не присуща спросу во всех других отраслях. В туризме спрос индивидуален, дифференцирован, характеризуется также и большой заме-

щаемостью. Туристы могут замещать одни виды туризма на другие, менять направление поездок и т.д. Значительна зависимость туристического спроса от некоторых иррациональных факторов (влияние моды, стремление к подражательству или социальному равенству, снобизм и т.д.); туризму присущ динамизм: туристические потребности меняются вместе с развитием общества; некоторые из них видоизменяются, отмирают старые, возникают новые. Высока зависимость географии путешествия от дохода. Оценивая контингент туристов в различных регионах, необходимо учитывать расстояние между районом временного и оседлого проживания. Туристический спрос имеет выраженный сезонный характер.

Анализ туристского спроса включает детальный разбор каждого национального и международного туристского потока по следующим признакам:

- объемы, сезонный характер, динамика;
- социально-экономические характеристики;
- мотивировки;
- продолжительность пребывания;
- транспортные средства;
- размещение;
- организация.

На базе анализа статистических данных и результатов опроса можно подготовить прогноз количественного характера (количество прибытий и расходы); качественного характера (типы продукта, продолжительность пребывания, обслуживание).

Планирование туристского продукта должно производиться не умозрительным способом, а основываться исключительно на предварительной оценке рыночного потенциала. Для этого на первом этапе необходимо определить основные параметры ожидаемого рыночного спроса: территориальные границы рынка (город, район, область, регион); социальный состав клиентуры (молодежь, люди со средними или высокими доходами, люди «третьего возраста» и др.); виды туризма и цели путешествия; возможные объемы и сезоны поездок.

Для сбора и анализа этих данных можно использовать такие средства, как публикуемые материалы и статистические отчеты, экспертные оценки, рекламные объявления других фирм, выборочные опросы населения, организация пробных туров и т. д.

На втором этапе фирма на основе тщательного изучения и прогнозирования возможного рыночного спроса должна определить содержание своего туристского продукта, в частности:

- страну или регион путешествия и вид туризма. Например, если предусматривается экскурсионно-познавательные туры, то для них выбираются страны или регионы с наиболее интересными туристскими достопримечательностями;

- сезон и продолжительность поездок. Для экскурсионно-познавательных поездок в страны с умеренным климатом обычно выбираются летние месяцы (май-сентябрь), а в страны с жарким климатом - зимние (ноябрь-февраль);

- маршрут, т.е. перечень городов или населенных пунктов, посещаемых туристами во время своего путешествия по стране. Он также зависит от целей поездки;

- общее количество групповых и индивидуальных туров по каждой стране, с которыми фирма намерена выйти на рынок, их разбивка по сезонам и месяцам. Планируется на основе оценки рыночного спроса;

- пакет и классность услуг. В зависимости от оценки рыночного спроса туристская фирма должна наметить содержание пакета услуг и его классность [2].

Какое значение может иметь для менеджера вся эта информация? Как минимум, она призывает его использовать большую осторожность в заимствовании методов других компаний. Это предполагает, что тщательность, точность, подробность и частота планирования в технологически интенсивных системах информации должны быть совершенно необходимы для управленческих решений.

Исследование в туризме - это система сбора, обработки, хранения и анализа информации о современных проблемах индустрии, имеющих отношение к области маркетинга, системам дистрибьюции, планирования стратегии и развития в целом.

Существует ряд первостепенных вопросов, на которые следует ответить при планировании продвижения продукта фирмы на туристском рынке. Это следующие вопросы:

- Кто настоящие и потенциальные клиенты фирмы?

- Насколько велик современный рынок потребителей, каков рынок будущего?

- Какой продукт предпочитают клиенты, на чем основан их выбор?

- Каковы мотивы клиентов, покупающих туристские путевки?

- Насколько соизмерима стоимость реально предоставленных услуг с ожидаемыми?

- Насколько эффективно и разумно фирма проводит рекламные кампании?

- Как быстро окупаются инвестиции по продвижению турпродукта на рынке?

- Какую позицию занимает фирма по отношению к конкурентам?

- Что думают клиенты о фирме?

Разумеется, маркетинговые исследования не могут ответить на все возникающие вопросы, так как приоритеты и вкусы потребителей изменяются слишком быстро. Исследование и разработка новых турпродуктов и услуг, исследование рынка потребителей - деятельность, которая реализуется постоянно и составляет основу всех принимаемых менеджментом решений при формировании стратегии.

Существует два общепринятых вида информации: Micro Data - информация, на основе которой исследуются вкусы и приоритеты потребителей (используется преимущественно для продвижения новых направлений и туристских центров), и Macro Data - информация, на основе которой планируется развитие туристской индустрии на международном и национальном уровне, составляется экономическая политика государства в отношении туристского сектора.

Такая информация отвечает на вопросы: **кто**, **куда** и **когда** путешествует. Обычно подобные исследования проводятся государственными исследовательскими организациями, так как сбор и обработка такого количества информации требуют значительных капиталовложений. Помимо го-

сударственных организаций исследования проводятся многочисленными туристскими ассоциациями, научно-педагогическими учреждениями туризма, а также непосредственно туроператорами и турагентами. Исследования проводятся с целью:

- обеспечить информацию, которая поможет снизить до минимума возможный риск в туристском бизнесе и привлечь таким образом инвесторов;
- обеспечить информацию с целью определения новых туристских центров, совершенствования ведения финансовой деятельности в туризме;
- поиска наилучших решений актуальных проблем;
- обеспечить конкурентоспособность туристской организации, поддержать и упрочить связь с рынками и партнерами;
- снизить риск неожиданных изменений в индустрии в целом;
- развить существующие рынки потребителей с целью их улучшения и модификации;
- содействовать компаниям в продвижении турпродуктов и поиске новых рынков.

В середине 80-х годов в туристском спросе обозначились новые тенденции. Они были обусловлены рядом факторов демографического, экономического и социального порядка, а также изменениями в психологии современного человека. Большое влияние на величину и характер туристского спроса оказывают перемены в демографической структуре общества и социальной модели народонаселения в развитых и новых индустриальных странах. Они сводятся к следующим ключевым моментам: старение населения, более позднее вступление в брак, повышение доли одиноких людей, увеличение числа работающих женщин, откладывание рождения ребенка, рост числа бездетных семейных пар.

Среди других изменений, имеющих отношение к туризму, следует выделить широкое вовлечение женщин в сферу общественного труда. Женщины получили материальную независимость, а семьи – дополнительный источник дохода, часть которого может быть направлена на путешествия. Изменения коснулись структуры семьи. Увеличивается число одиноких людей и бездетных пар. В крупных городах и агломерациях «одиночки» составляют до половины всего населения. С недавнего времени они рассматриваются как перспективная целевая группа туристского рынка. Например, всемирно известный «Средиземноморский клуб» специально для одиноких людей открыл пять туристских деревень в Греции, Испании, Италии и Тунисе, куда семейные пары не допускаются.

Процессы, протекающие в демографической среде, позволяют говорить о двух тенденциях на рынке туризма. Первая из них – расширение круга потенциальных потребителей туристских услуг. Все новые категории лиц вливаются в туристское движение. У них появляются желания и возможность путешествовать. По прогнозу ВТО на 2020 г., 7% населения Земли совершат зарубежные поездки. Эта доля постоянно растет, однако, остается пока очень скромной, особенно в Африке, Южной Азии и на Ближнем Востоке, что свидетельствует о большом потенциале международного туризма.

Вторая тенденция – старение путешествующих лиц, т.е. увеличение удельного веса пожилых лиц в совокупности посетителей. Она вызвана

общедемографической ситуацией в индустриально развитых странах мира и усилена снижением пенсионного ценза в них. В большинстве западных государств он установлен на сравнительно невысоком уровне: 60-65 лет. На первый взгляд, туризм пожилых людей может показаться парадоксом, так как выход на пенсию и обеспечивает заслуженный отдых. Однако углубленное изучение потребностей разных возрастных групп населения свидетельствует, что такая проблема не только существует, но стоит очень остро. В отличие от занятой части населения, для которой туризм – это отдых, позволяющий отойти от повседневных забот и восстановить свою работоспособность, для пенсионеров туристская поездка – форма активного образа жизни. Туристский спрос пожилых современников резко отличается от их сверстников 20- и даже 10-летней давности. Они более энергичны, чем были их родители в том же возрасте. Склонность к путешествиям у этих людей сформировалась задолго до выхода на пенсию. Повышенным спросом среди них пользуются автобусные туры и круизы.

Не остаются обделенными пожилые, физически немощные люди. Они также желают путешествовать и получать удовольствия от новых впечатлений, но жестко ограничены в своих возможностях. Отдых этой категории населения организуется в рамках так называемых программ для «четвертого возраста». Их реализацией занимаются специальные структуры – пенсионные клубы и ассоциации, такие как «Дайнэдж Ассоциэшн» в Дании, «Сенье Ва-канти План» в Нидерландах или «Свериджес Пенсионарсфорбинд» в Швеции.

Современные модификации туристского спроса происходят под влиянием социально-экономических факторов. Особенно сильное воздействие на туристский рынок оказал мировой экономический кризис. Он сопровождался резким падением покупательной способности населения. Так, например, во Франции темпы прироста этого показателя составили 2,7%. Увеличилась армия безработных. Кризис затронул, прежде всего, средние слои общества – основных потребителей туристских услуг.

Ухудшение экономической конъюнктуры привело к переменам в социальной сфере, которые в свою очередь сказались на характере туристского спроса. Был удлинен отпускной период, сокращена рабочая неделя и введен гибкий график работы. Эти меры, направленные на сглаживание сложившихся диспропорций на рынке труда, одновременно способствовали увеличению фонда свободного времени населения. Кризис вынудил людей искать новые формы организации своего отдыха.

С увеличением объема свободного времени на фоне обострения общеэкономической ситуации в рекреационном поведении населения обозначились две главные тенденции: дробление отпускного периода и рост непродолжительных поездок. Так, в Австрии и Великобритании свыше 20% населения выезжают на отдых летом и зимой, а 10% отправляются в путешествия три и более раз в год. Аналогичная картина имеет место в Германии, Италии, Швейцарии и других развитых странах Европы.

Туристские поездки стали менее продолжительными, но более частыми. В западной литературе это явление получило название «путешествия с интервалами». Организация таких путешествий оказалась чрезвычайно выгодным делом, и туристские фирмы со своей стороны начали всемерно поощрять потребительский спрос на них. В Европе особой популяр-

ностью пользуются маршруты выходных и праздничных дней. Они включают посещение выставок, спектаклей, музеев, галерей, а также магазинов, в частности антикварных. Главными поставщиками туристов на западноевропейском рынке краткосрочных поездок являются Германия и Великобритания. Их совместная рыночная доля составляет около 50% поездок. Большей частью непродолжительные путешествия совершаются во Францию, Нидерланды и Бельгию.

«Путешествия с интервалами» будут определять характер туристского спроса в новом тысячелетии: к такому выводу пришла английская консалтинговая фирма «Ховат УК». По заказу ВТО она провела исследование динамики отпускного времени. Оно охватило 18 стран мира, на которые приходится 73% всех расходов на туризм. Вопреки расхожему мнению об увеличении продолжительности свободного времени и движении к «золотому» веку всеобщего отдыха, фирма пришла к выводу, что путешественники XXI в. будут иметь более высокий уровень материального достатка, но испытывать нехватку времени. Отпуска сократятся до 3-4 дней, включая выходные, но возрастет частота перерывов на отдых и интенсивность восстановления жизненных сил человека.

С учетом результатов исследований было выделено пять главных характеристик «жизни в удовольствие»: гедонизм, который предполагает спрос на удовольствия и смену впечатлений; экстраверсия, означающая обращенность во внешний мир; эротика; активность личности; стремление к удобству и комфорту.

Пассивное времяпрепровождение на пляже, хотя и остается наиболее распространенной формой проведения отпуска, все в меньшей степени отвечает потребности «жить в удовольствие». На смену «трем S»: море–солнце–пляж (Sea–Sun–Sand) – постепенно приходит формула «три L»: национальные традиции–пейзаж–досуг (Lore–Landscape–Leisure). Она наилучшим образом соответствует новым ценностям, которые утверждаются в психологии человека и получают выражение в поведении современного туриста.

Эта эволюция рекреационной мотивации происходит в контексте расширения личных свобод. Каждый человек желает сам определять программу своей туристской поездки без давления извне. Не случайно туроператоры провозгласили девизы: «Счастье – в ваших руках», «Все предлагается – ничего не навязывается» и др.

Известный французский ученый М. Бретон Жирар утверждает, что «современный турист обретает спортивные черты, становясь искателем приключений. Он стремится постоянно превзойти себя, каким бы ни были его настроения и капризы природы, и меняется вместе со временем решительного поворота к природе. Отныне турист отправляется в путь в поисках независимости, развлечений и жизненной силы. Он отвергает обыденность, проявляя свою индивидуальность. Ему чужды формула членства и коллективное начало. Человек желает активного времяпрепровождения, физической деятельности для обретения формы. Он хочет убежать от толпы, но на короткое время, и попробовать вести непривычный образ жизни. Взрыв интереса к развлечениям и движению наиболее ярко иллюстрирует эту эволюцию.

Последняя по порядку, но не по важности тенденция — переход от массового стандартизированного, конвейерного туризма к массовому дифференцированному. Массовый характер туризм приобретает в 50-е годы, когда из предмета роскоши становится потребностью большинства населения высокоразвитых стран мира. В этот период создается мощная индустрия путешествий со своими институтами, продуктом, производственным циклом, методами организации и управления производством. Развертывается широкомасштабное строительство отелей, мотелей, различных увеселительных заведений.

Массовый конвейерный туризм преобладал до начала 80-х годов. Он отличался однородностью мотивации потребителей и соответственно обезличенно-конвейерной формой предоставления услуг. Главным мотивом туризма в тот период был отдых, который, как уже говорилось, воспринимался как средство восстановления израсходованных сил человека для продолжения повседневного труда.

Экономический подъем способствовал экстенсивному росту международного туризма. Расширяется спрос на туристские услуги, и, как ответная реакция, открываются новые туристские предприятия, увеличивается объем производства туристского продукта. Компании ставят организацию массового туризма на конвейер, предполагающий стандартизацию услуг и их предложение в виде комбинированных пэкидж-туров.

Переход от конвейерного к дифференцированному туризму является отражением глубоких перемен в экономике: превращения «рынка производителей» с диктатом продавца в «рынок потребителей» с приоритетным положением покупателя по отношению к продавцу. Насыщение рынка товарами, повышение благосостояния населения, изменение соотношения рабочего и свободного времени в пользу последнего – все это повлияло на мотивацию, приоритеты и психологию потребления.

В туризме потребитель стал более избирателен в вопросах цены и качества услуг. Накопив туристский опыт, он ищет свежих впечатлений и удовольствий. Потенциальный турист подвержен влиянию моды, легко меняет свои симпатии, предпочтения, интересы, мотивы поведения на рынке. Сегодня любители путешествий не ограничиваются отдыхом на берегу теплого моря, а посещают атомные электростанции, покоряют Северный полюс, готовятся к полетам в космос.

Усложнение туристских потребностей приводит к дальнейшей диверсификации туризма. В рамках путешествий с целью отдыха и развлечений ускоренными темпами развиваются познавательный, спортивный, приключенческий, сельский туризм, круизы и всевозможные их комбинации. В деловом туризме заметно расширились сегменты конгресс- и инсентив-туров.

На состоявшейся в конце марта 2008 г. в Берлине крупнейшей в Европе туристической выставке «ITB» генеральный секретарь всемирной туристической организации ООН (UNWTO) Франческо Франджалли успокоил туристический рынок, заявив, что туризм переживет мировой финансовый кризис без катастроф и потерь.

Заключение. В XXI в. процесс диверсификации туризма углубится, появятся новые рыночные сегменты и ниши. Будет происходить дальнейшая персонификация запросов потребителей. Туризм вступает в эпоху индивидуальности. Российский туризм, формируя собственный путь, нуждается в обобщении накапливаемого опыта.

Библиографический список

1. Квартальнов В.А. Стратегический менеджмент в туризме / В.А. Квартальнов. – М.: Финансы и статистика, 2007.

2. Соболева Е.А. Финансово-экономический анализ деятельности туристской фирмы: учеб.-метод. пособие / Е.А. Соболева, И.И. Соболев. – М.: Финансы и статистика, 2005.

3. Сутягин А.В. Новые правила оказания туристических услуг / А.В. Сутягин, И.А. Феоктистов. – М.: Росбух, 2008.

Материал поступил в редакцию 31.10.08.

I.V. POPOVA

MODERN TENDENCIES OF TOURISTIC DEMAND

Tourism as a kind of activity is directed for rendering of various kinds of services and goods of touristic demand by touristic enterprises for the purpose of assisting satisfaction of various cultural, spiritual, cognitive and other touristic needs. The article covers disclosure of modern tendencies on market of touristic services which are predetermined by interests and solvency of different groups of people.

ПОПОВА Ирина Владимировна, старший преподаватель кафедры «Экономика» ДГТУ, окончила ДГТУ (2002) по специальности «Экономика и управление на предприятиях машиностроения».
Научные интересы: проблемы управления технологическими инновациями в туризме, информационные технологии в управлении туризмом.
Имеет 4 публикации.

irinapopova62@mail.ru

ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ

УДК 101:316.3

С.Н. ЯРЕМЕНКО

ИЛЛЮЗИИ ИДЕНТИЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Анализируется процесс идентификации как выбор личностью своих смысложизненных проектов. Смыслы и стили жизни представлены в качестве ключевых идентификационных характеристик личности. Основное внимание уделено ловушкам идентификации, ставшим особенно актуальными в обществе риска. В статье исследуются такие смысложизненные сценарии, как опыт пребывания в компьютерной реальности, состояние алкогольного опьянения, практика террориста-смертника.
Ключевые слова: *идентичность, смысл жизни, стиль жизни, компьютерная зависимость, алкогольный мираж, терроризм.*

Введение. Поиск своего «Я» стал сегодня острейшей гуманитарной проблемой. В современном обществе идентичность становится многомерной и подвижной. В этом состоит основная трудность идентификации и острота данной проблемы. Не только объективные показатели, такие как возраст, пол, этническая и социальная принадлежность, являются показателями идентичности человека. Но даже и эти показатели можно изменить сегодня, как например, с помощью операции меняют половую принадлежность, свой рост, лицо и фигуру. Поэтому можно предположить, что поэт Н. Гумилев сегодня не смог бы написать: «Мы меняем души, не тела». Сегодня мы способны изменить и душу, и тело.

Идентичность останется лабиринтом, если человек не будет стремиться к осмыслению своей жизни, своих целей, ценностей и того, какие стили жизни он выбирает. Смыслы и стили жизни, выступающие в роли ценностных ориентиров, формируют определенность личности, ее социальное качество и направленность, поэтому они являются наиболее значимыми маркерами индивидуальной идентичности.

Жизненные смыслы и стили жизни – это наиболее важные императивы идентичности. Если раньше идентичность была обусловлена принадлежностью к группе и ее культуре, то современного человека невозможно отнести не только к двум, но и к большему числу групп. Его мобильность стала чрезвычайно высокой, и от нее зависит успех, благополучие самого индивида и его семьи. Он меняет профессии, специальности, специализации, место жительства, своих коллег, друзей, культуру и т.д.

В глобализирующемся мире способность к мобильности становится ключевой цивилизационной характеристикой личности. Преодоление пространства и времени с помощью техники способствует транснационализации биографии и места жительства. Когда человек живет в одной стране часть года, а в другой – другую его часть, то ему трудно ответить на вопрос, где его родина. Сегодня у богатых людей появилась уникальная возможность проживать свою сознательную жизнь в любимом времени года (например, в весне), меняя одну страну за другой, где наступает это благословенное время.

Смысл жизни выражается прежде всего в определенном типе поведения людей. Он актуализирует и высвечивает субъективную, ментальную сторону человеческой деятельности. Выбор жизненного стиля становится критической экзистенциальной необходимостью. И поскольку общество все более и более дифференцируется, то и множатся субкультуры, а значит, и жизненные стили. У человека – огромный диапазон выбора. Но драма состоит в том, что индивид не является родоначальником выбранной модели стиля жизни. Эта модель, которых – тысячи, сооружена СМИ, харизматическими фигурами, рекламодателями, политиками, звездами шоу-бизнеса. Эта модель продается, а мы являемся ее покупателями. Мы выбираем и покупает предлагаемые на выбор мнения, выражения, жесты, одежду, друзей, интерьер, место проживания, лексику и т.п. Известны распродажи множества моделей жизненного стиля.

Эпоха индивидуализма, в адрес которой высказано так много критических суждений, по-видимому, приходит к завершению. Сегодня общественная мысль констатирует приход «трудноклассифицируемого типа», которого можно определить хайдеггеровским термином «Das Man», остроумно переведенного исследователем Д. Орловым как «людье» [1, с.283]. В связи с победой массы над индивидуальностью обесценивается ее личностный статус, а бытие растворяется в бытии макросообщества. Подавление уникальных начал личности, ее ментальных установок приводит к нивелированию собственных смыслов.

Согласие человека с моделью жизненного стиля, которую вырабатывает та или иная субкультура, дает ему уверенность, освобождает от одиночества и упорядочивает его жизненные практики, даже если человек не вполне согласен с установками данной субкультуры. Влияние субкультур на людей огромно, что обусловлено универсальным безумным желанием человека принадлежать к какой – либо субкультуре. Такая естественная потребность усиливается сегодня еще тем, что технологически развитые общества настолько велики, сложны и недоступны пониманию человека, что только «воткнувшись» (Э. Тоффлер) в одну или несколько субкультур, можно осуществить определенную самоидентификацию.

Понятие мобильности теперь относится не столько к статусным позициям индивида, сколько к моделям жизненных стилей. Бешеная конкуренция стилей жизни учит людей расставаться легко с любой моделью жизненного стиля. Тем самым увеличивается пропускная эмоциональная способность и лабильность. Но в то же время человек стремится ни к чему сильно не привязываться. Поверхностное усвоение избираемых моделей стиля жизни и смыслов избавляет от стрессов, а спонтанность и отсутствие привычки планировать будущее учит жить современного человека в обществе риска только настоящим и делать то, что ты хочешь сейчас.

Появившееся многообразие новых стилей жизни в действительности часто оказывается иллюзией. Хотя у человека много возможностей, но этому множеству шансов соответствует не меньшее количество возможностей потерпеть фиаско, о которых пишет в книге «Общество индивидов» Н.Элиас [2, с. 181-185]. Исследователь рисует весьма пессимистическую перспективу. Он говорит «о свалке непрожитых жизней», возникающей в высокодифференцированном обществе. Жизненный путь индивида в нем чрезвычайно разветвлен, хотя степень этой разветвленности зависит от социальной принадлежности. Природа такого общества требует от отдель-

ного индивида высокой специализации, ведущей к тому, что на обочине как раз остается множество неиспользованных альтернатив, непрожитых жизней, несыгранных ролей, не состоявшихся переживаний.

Задача данной статьи – показать взаимодействие названных факторов, создающих человеческую индивидуальность. Взаимодействие смыслов и стилей существует как экзистенциальный опыт проживания и переживания имеющихся у человека выборов, которые необходимо совершить самому, чтобы обрести идентичность. Идентичность не есть свойство, данное индивиду от рождения. Тождественность себе, своей целостности он приобретает сам, живя среди других и взаимодействуя с ними. Идентичность отражается в смыслах и стилях жизни, которые выбирает индивид, и он не должен ждать, что жизненный смысл возникнет сам собою. Наоборот, жизнь заставит его сделать выбор.

Здесь будет идти речь о ловушках идентичности, иными словами, о неплодотворном опыте идентификации. К такому опыту относятся практики, которыми все в большей степени овладевает современный человек, куда он погружает свою энергию без всякого остатка. Это опыт пограничных, деструктивных ситуаций, способных засасывать человека, словно в воронку из которой крайне сложно выбраться.

К ним можно отнести все расширяющийся в обществе глобального риска длительный опыт пребывания в виртуальной реальности, состояние алкогольного опьянения, терроризм, занятия псевдомистицизмом и т.п.

Невозможно в одной работе представить весь этот огромный массив маргинального поведения, находящегося в очень сложных отношениях с реальным миром, стремящегося к преодолению его границ, к попытке порвать связь с горизонтом человеческого существования. Источник антропологических стратегий бытия, находящихся на его границе, присутствует в здешнем, онтологическом мире, а именно – в области энергии бессознательного. Эти стратегии, питаемые энергиями бессознательного, охватывают подавляющую часть антропологических девиаций.

Такой феномен, *как зависимость от виртуальной реальности*, имеет прямое отношение к поиску индивидом своей идентичности. В данном контексте мы имеем в виду человека, который не может отделить себя от экрана компьютера и готов погружаться в виртуальную среду. Символичность виртуальных систем и особенно компьютерного экрана позволяют им выполнять компенсаторную функцию, защищать человека от огромного, часто непонятного мира с его катастрофами и потрясениями, особенно часто происходящими в российском обществе. Компьютерный мир дает возможность упорядочивать социальную реальность, моделировать ее на экране, благодаря чему индивид может чувствовать себя творцом и идентифицировать себя как самостоятельную личность. Погружаясь в эту квазиреальность, человек увлеченно живет в ней и не всегда осознает ее условность и возможность выхода из виртуальных границ.

Проблема, возникающая из подобной жизненной практики и соответствующего ей стиля жизни, есть проблема степени соответствия действительности и компьютерного симулякра. Важно не признание самой виртуальности (ставшей уже фактом), а ее гомологичность действительности.

Что ищет такая личность в компьютерном пространстве? Виртуальная реальность есть опыт новой эпохи, обнаружившей способность к изменчивости без предела, лабильность, интуитивность и иррационализм

самой человеческой природы. Находясь в компьютерном пространстве, его обитатель, однако, полагает, что прорастающая из его сознания виртуальная реальность существует независимо от психики человека, обладает полной автономностью.

Человек-виртуал воспринимает и переживает события не как порождение своего собственного ума, а как живую объективную реальность. Все предметы виртуальной реальности видятся более ярко, чем предметы константной реальности. «Это восприятие сродни вдруг открывшейся красоте обыкновенного цветка или камня, или заката солнца…, а потому виртуальные реальности являются более привлекательными» [3, с.243]. Виртуальный образ обладает собственной активностью и может оказывать регулирующее воздействие на поведение человека и даже вызывать физиологические ощущения.

Активный пользователь интернета ощущает его как пространство без границ. В этом виртуальном мире все возможно: начать все сначала или создать будущее. Личность воспринимает себя создателем мира, имеющего статус онтологического. Многие из этих людей теряют способность к различению реальных артефактов и виртуальных, компьютерных и подлинных. Такое фантастическое слияние двух миров характерно для сознания детей и подростков.

Происходящая трансформация сознания и поведения обостряет вопрос об устойчивости и постоянстве личности. С тех пор, как человек, стоя на котурнах в древнегреческом театре, надел маску для исполнения роли, количество масок (социальных ролей) настолько возросло, что привело к закономерной проблеме: остается ли «ядро», стержень личности, проявляющей необычайную изменчивость, способность к самомониторингу, переоценке ситуации? Можно ли считать современную личность индивидуальностью, сохраняющей свою направленность? Или ее правильнее сравнить, конечно, образно, с луковицей, в которой, снимая слой за слоем, так и не встретишь стержня (как, например, у капустной кочерыжки)? Утрачивает ли личность свое постоянство или же сама ее изменчивость возможна лишь при сохранении определенного стержня, наличие которого уберегает личность от ее распада, полной деградации?

Итак, у человека-виртуала создается уверенность в своих уникальных возможностях по переустройству пространства-времени и судеб его обитателей. Он становится экспериментатором, игроком и вершителем захватывающих поворотов событий, импровизатором. Границы компьютерного моделирования постоянно расширяются, а новые способы управления изображением способствуют восприятию собственного «Я» в качестве демиурга. Непрерывная трансформация героев, а главное, конструирование желаемой виртуальной самости: придание своему телу по собственному выбору пола, возраста, этнических и расовых признаков, профессии и т.п. превращает жизнь в игру.

Человек в виртуальном мире попадает в полную зависимость от владельцев и разработчиков информационных технологий, позволяющих формировать необходимый тип сознания не в рамках научно-исследовательской лаборатории, а в планетарных масштабах.

Сома человека тоже выступает предметом психофизиологической обработки киберсредств. Появившиеся киберпространственные приспособления способны играть роль новой кожи, нового искусственного раздражи-

теля сенсорной системы. Эти приспособления создают иллюзию психофизического участия в виртуальных событиях. Аудио-видеотактильные шлемы, стереоочки, сенсоры для эрогенных зон используются в Интернет-сексе, в киберсексе, причем происходящее заставляет человека переживать реальные ощущения, получаемые во время подлинного полового акта и «даже делают их на порядок выше по своей интенсивности и яркости» [4, с.10].

Утрата интереса к внешнему миру, с нашей точки зрения, имеет под собой не одну причину. Во-первых, реальная, повседневная жизнь должна быть и в самом деле слишком рутинной, бесперспективной и, возможно, убогой. Во-вторых, она возникает у особого типа личности, с невыраженными волевыми качествами в деятельности. Лень, безынициативность, нежелание, страх менять надоевший, но такой привычный образ жизни: жилье, работу, профессию, сам стиль жизни, характерны для такой личности. Выбор в пользу компьютерной жизнедеятельности, хотя и связан с преодолением трудностей – все же представляется более легким и, главное, гарантированным способом получения ряда психологических выигрышей. Психологический выигрыш для самоутверждения нередко гораздо важнее, чем выигрыш материальный, ибо личность, позиционируя себя среди тех, кому не под силу овладение компьютерными технологиями, считает свое место в социальной иерархии более значимым. Главный же выигрыш создает возможность ощущать себя творцом нового мира.

У человека, как никогда ранее, возрос доступ к большому количеству информации. Но этот колоссальный объем не помогает человеку стать интеллектуальнее. Скорость и количество передаваемой информации снимает вопрос о критериях ее достоверности. Человек уже не несет ответственности за передаваемое сообщение. Никто не контролирует степень его компетентности, соответствие высказываемых суждений моральных принципам. У субъекта возникает чувство игровой легкости, растет соблазн и возможность в любой момент соскользнуть в несерьезность и иронию.

Виртуал стремится к инструментальному познанию мира, конкретного эпизода, определенной ситуации. Интерес к более фундаментальным вопросам бытия – к происхождению мироздания, сознания, языка, глобализации и т.д., – как правило, отсутствует. Живущий в компьютерной реальности чаще всего не имеет исторического самосознания. Нелинейность общественных процессов, происходящие разрывы с логикой предшествующего развития редуцируются к монтажу случайно выхваченных эпизодов. Способность видеть, слышать, осязать, т.е. разнообразие чувств вытесняет рациональные способности на обочину культуры. Студент вуза, например, все реже использует слово «потому что» в своих ответах. Связность исчезает, доминирует интернетовская поверхностная беглость. Чувственное переживание становится доминирующим и довлеющим над рациональным познанием.

Дефицит социального опыта для компьютерного человека становится одной из его личностных черт. Социальный опыт в компьютерном режиме переодевается в конструированную схему, упрощающую противоречивость и непредсказуемость динамики социальной реальности. Этот дефицит проявляется у индивида в снижении коммуникабельности, замкнутости, неумении решать конфликты, идти на компромиссы. Социальная дезадаптивность – следствие длительного пребывания в компьютерных

миражах, где все проблемы решаются с помощью известных алгоритмов, содержащихся в программе. Обучающие программы при всей их полезности не могут заменить реальную жизнь, собственный опыт проживания этой реальности, живое общение.

Что же происходит с идентичностью личности в виртуальной реальности? На этот вопрос можно ответить: если так легко репрезентировать себя как угодно, отождествлять свое «эго» с кем угодно, легко и просто перемещаться в пространстве наподобие знака, то вопрос о том, «кто я есть», становится лишним.

Для нас остается важным неисследованный вопрос, каким образом знаки (слова, образы) второй сигнальной системы смогли заменить сигналы первой сигнальной системы? Известно, что сколько ни рассказывай слепому человеку о том, как выглядит море, он все равно не поймет тебя. Точно также невозможно объяснить человеку со здоровыми зубами, что такое зубная боль или, например, как выглядит красный цвет. Вторая сигнальная система может заместить, но не заменить ощущения, возникающие под влиянием реальных вещей, воздействующих на органы чувств. Может ли созданная на мониторе иллюзия конкурировать с живой природой? Произошедший разрыв означающего с означаемым в сознании человека на рубеже веков не дает ответа на вопрос, как это стало возможным?

Избыточность информационных ресурсов выступает одной из причин зыбкости процесса личностной идентификации. Амбивалентность компьютерной реальности способствует расширению опыта индивида, компенсирует монотонность повседневности. Но она же отучает жить в физическом реальном мире.

Алкогольный мираж многим людям служит способом, с помощью которого он может легко идентифицировать себя с кем пожелает. В России по официальным данным насчитывается 2,5 млн. алкоголиков.

Алкоголизм анализируется как один из видов девиантного поведения, а также как болезнь в медицине. Философский анализ зависимости от алкогольного опьянения пока не стал достаточно актуальным предметом исследования в парадигме этого знания.

Какой смысл скрывается в опыте, не понятном для трезвенников, управляющий поведением алкогользависимого человека и привязывающий его к себе практически навсегда? Как известно, возвращение к алкогольному сценарию возможно всегда, даже по истечении 10-20 лет ремиссии при употреблении для некоторых людей всего лишь доли грамма алкоголя. С точки зрения известного исследователя проблем виртуальной психологии Н.А. Носова, алкоголизм не является физиологическим заболеванием [3, с.239]. Его позиция заключается в том, чтобы развести традиционный подход к алкоголизму с точки зрения трезвого человека и с виртуальной точки зрения. Без такого разведения невозможно понять поведение алкогользависимого человека. Необходимо признать алкогольное опьянение, в котором пребывает человек, как самостоятельный тип реальности, чтобы ее оценить.

Речь, конечно, не идет о признании алкоголизма социальной нормой. Если обычный человек, употребив спиртной напиток, понимает возникающие алкогольные образы как порождение собственного сознания, то алкогользависимый человек воспринимает их как достоверные, автономные от константной реальности.

Алкогольная виртуальная реальность дает ощущение полноты жизни, поскольку человек считает, что его переживания отражают всю ее в целом. Под полнотой жизни понимается жизнь, не обремененная заботой об окружающих, неустроенностью быта, недостатком заработка, неинтересной работой и т.п. Иными словами, алкогольное опьянение вытесняет чувство неполноценности, ущемленности, а сам виртуальный образ начинает проявлять собственную активность: разворачивается в виртуальную ситуацию и способен вызывать физиологические ощущения.

И хотя по содержанию неалкогольный мир богаче алкогольного виртуального мира, но алкогольная сфера для алкогользависимого человека по субъективной значимости важнее и привлекательнее, чем реальный, а по качеству жизни привлекательней, чем не алкогольная. Кроме того, алкогольная не вызывает привыкания к ней, не пресыщает человека.

Алкогользависимый индивид может бесконечно «прокатывать» ее в своем сознании, каждый раз получая новые переживания. Почему нереальные бесконечно воспроизводимые в сознании события не утомляют человека, не вызывают адаптацию? Ответ, который можно эксплицировать из дискурса алкогольной психической реальности, заключается в нерефлексируемости сознанием переживаемой виртуальной реальности.

Прием алкоголя служит способом повышения самооценки личности, поэтому алкоголь становится самым главным в жизни человека, а влечение к нему – непреодолимым. Поведение человека зависит от потребительских свойств вещи – алкогольного напитка, без которого самодостаточность человека равна нулю.

Происшедшее превращение усугубляет положение человека в обществе, оно становится все более уничижительным в силу неизбежного разрушительного влияния алкоголя на психику и поведение человека, подводя его к границе качественной определенности личности, за которой она уже не имеет право таковою считаться.

Таким образом, алкогольный виртуальный мир превращается в самый главный, а неалкогольный становится второстепенным, нереальным, тяжелым, не обжитым, чужим миром. Алкоголик находит переживаемый мираж несравненно комфортнее и насыщеннее. Почему? Алкогольная реальность дает чувство уверенности, превосходства, создает иллюзию легкости в принятии трудных решений. В состоянии опьянения можно возвращаться к одному и тому же событию сколь угодно раз, вновь и вновь переживая его, удовлетворяя тем самым свои комплексы и несбывшиеся мечты. Поэтому только в этом мире алкогользависимый человек ощущает свою «нормальность», незаурядность, силу и бесстрашие.

У Джека Лондона в произведении «Джон – Ячменное зерно» представлена исповедь алкоголика, рассказывающего, как во время опьянения он превращается из застенчивого, скромного Джона в новоявленного двойника-морского волка, настоящего мужчину, в искателя приключений, совершающего великолепные, отчаянные, неистовые морские подвиги.

Так что реальный мир, подлинная действительность воспринимается как аномалия, временная задержка, существующая только для того, чтобы найти, добыть, украсть средства для приобретения алкоголя.

Итак, подлинная жизнь – это тяжелое условие, которое необходимо как можно скорее преодолеть, чтобы перейти в другую реальность. Жизнь

предстает как испытание, чтобы оказаться в другом мире, где можно все изменить, получить признание, наказать виновных, добиться успеха.

Чаще других алкогольный сценарий захватывает в свою орбиту людей творческих. Художники, поэты, актеры, певцы, писатели опережают в бегстве от тяжелого мира ученых, бизнесменов, чиновников. У всех у них есть на это конкретные социокультурные причины, спровоцировавшие обращение к запоям. Обстоятельства бытия, как правило, вызывали неудовлетворенность в известности, признании, в условиях для творчества. И все же невозможно, признавая значимость наличных условий бытия, не обратить внимание на особенную ментальность этих людей, их душевный склад, который формировал, с одной стороны, требования к себе, а с другой – к окружающим, к самой жизни.

Знаменитый современный актер О. Меньшиков в одном из интервью сказал, что для творческих людей важнейшим условием их удавшейся судьбы является любовь зрителей, признание и почитание их таланта. Однако это требование к жизни не всегда реализуется. Так, О. Даль, безмерно любивший творчество М. Лермонтова, никак не мог получить разрешение на постановку спектакля о поэте и перед смертью ему вновь пришел очередной отказ от чиновников. Высоцкий не заслужил официального признания и исполнял свои стихи и песни чаще всего в приватных залах, поэтому был не удовлетворен отношением к своему творчеству официального литературного истеблишмента. Не всем удается работать и творить, чтобы результаты своего творчества прятать долгие годы в столе, как это делал М. Булгаков. И тогда приходит на помощь правота «пьяного чудовища».

В этой части наших рассуждений о ловушках аутентичности особое место занимает *жизненная практика террориста-смертника*, которая являет собой пропасть похороненных судеб и несбывшихся надежд. Феномен терроризма за последние десятилетия приобрел статус международного. Но его анализ ведется, как правило, с позиций политологии, юриспруденции, публицистики.

Философский подход, развернутый в рамках традиций экзистенциализма, позволяет вскрыть его более глубокие императивы, так как дает возможность вычленить в этом феномене личностный аспект социального бытия, его субъектность. Вымывание массовой культурой аутентичности, подавление воли к самореализации порождают проблему выбора без опоры на традиционные ценности, на санкционированные обществом средства для достижения собственных целей. Именно это разрушение традиционной почвы, служащей индивиду или группе ориентиром в процессе идентификации, делает саморефлексию на тему правильности жизненного выбора лишней. Такой вывод, на наш взгляд, является принципиально важным в дискурсе жизненного пути террориста.

Борьба человека за достижение высокой самооценки в обществе, оказывающем беспрецедентное давление на личность с помощью СМИ, нередко оказывается безуспешной, поскольку состоятельность и значимость индивида рассматривается в этом обществе не иначе как в рамках доктрины успеха, богатства, славы, престижа. В дифференцированном обществе слабая интегрированность его индивидов поощряет деятельность, в которой важны не средства, а цели. Поэтому для человека, не сумевшего найти свой путь в многообразии жизни, принятие даже самой страшной идеи - идеи смерти, возмездия за свою несостоятельность, воспринимается им

как достижение самоактуализации, не сравнимой с успехом обывателей. Такая аутентичность, с его точки зрения, тождественна подвигам великих пророков.

Особое отношение к смерти начинает выступать для массы не состоявшихся, чувствующих свою ущербность людей, важнейшим фактором соединения с такой же группой людей. Смерть террориста не считается самоубийством и в молодом возрасте вообще не воспринимается как конечный, необратимый экзистенциал. Даже обычные самоубийцы с атеистической установкой в ряде случаев надеются на то, что они увидят жизнь после смерти.

Хотя поступки и действия террористов представляют собой деструктивный вид человеческой деятельности, с точки зрения самого террориста, эта деятельность наполнена совершенно определенным, высшим смыслом. Тип поведения террориста-камикадзе особенно нагружен смысловой функцией. Человек, сознательно сформировавший в себе готовность к самопожертвованию, счастлив умереть. При этом он ставит перед собой задачу – отдать свою жизнь и унести на тот свет как можно большее количество людей. Умирая, убить других – такова миссия террориста-смертника. Практически любой террорист убежден, что освобождает других людей от какой-либо опасности: японский камикадзе, исламский шахадем, и ушедший в историю террорист-эсер – все они считают себя спасителями, а не убийцами. Жизнь наполняется для них высоким смыслом, так как они добровольно решились рискнуть своей жизнью во имя революции, Аллаха, избавления неверных от заблуждения.

Однако нельзя сказать, что террористов вовсе не смущает проблема насилия или убийства. Моральная проблема для многих из них решается с помощью самооправдания или с помощью исповеди перед другими людьми, чаще всего перед своими. Когнитивно-эмоциональная составляющая террориста включает в себя три наиболее важных мотивационных фактора.

Первый определяется искренностью и глубиной веры смертника в свое призвание. Сталкивавшиеся на практике с шахедами спецслужбы Израиля обнаружили, что сохранившиеся трупы исламских террористов часто обладают одной интересной особенностью: половые члены этих смертников обмотаны тряпками, поверх которых – проволока [5, с.150]. Такой прием используется как мера предосторожности против непроизвольного семяизвержения от перевозбуждения во время совершения теракта. Сперму смертники берегут для ожидающих девственниц в раю, которые предстанут перед ними в качестве награды за подвиг, что свидетельствует о безудержной вере в Аллаха, в правильность своего выбора.

Второй мотив камикадзе связан с предвосхищением предстоящего удовольствия от выполненной миссии. Так, под письмом террориста-эсера из тюрьмы своим товарищам могли бы подписаться многие современные террористы: «…вы дали мне возможность испытать нравственное удовлетворение, с которым ничто в мире несравнимо. Это удовлетворение заглушило во мне страдания, которые пришлось перенести после взрыва. Едва я пришел в себя после операции, я облегчено вздохнул. Наконец – то все кончено. Я готов был петь и кричать от восторга» [6, с.152-153]. Это признание в переживании удовольствия от экстрима роднит шахадэ, муджахетдина с революционерами – террористами.

Третий мотив связан со стремлением такого человека доказать свою избранность через избавление от чувства страха смерти. Поэтому он стремится изо всех сил доказать эту уникальность, исполняя роль жертвы в самом акте террора.

Общество знает множество идей и способов по преодолению страха смерти, которые выдвигались великими пророками, философами, знаменитыми психологами (Заратустра, Иисус Христос, Сократ, Эпикур, Э. Фромм, В. Франкл и многие другие). Но по-прежнему большинство людей не могут превозмочь свое естественное стремление к самосохранению. Для любого человека этот страх является, пожалуй, главным испытанием в жизни. Но у каждого из нас есть право прожить свою жизнь до конца.

Экзистенциальная метаморфоза смертника, о которой мы ведем здесь речь, происходит в сложной изнурительной борьбе со страхом смерти. В лагерях террористов ставится главная задача – преодолеть инстинктивный страх смерти.

Современный террорист, готовый в любую минуту к смерти, обладающий техническими возможностями для устрашения тысяч и сотен тысяч людей, чувствует себя исключительной личностью, способной изменить ментальные состояния тысяч людей разных стран, этносов, рас, религиозных конфессий. Обладая властью над сотнями тысяч людей в этот момент, террорист достигает гиперкомпенсации своих несбывшихся надежд.

Поскольку без собственной жертвы террористический акт ничем не будет отличаться в глазах других людей от убийства, постольку необходимо принесение себя в жертву. Именно этот факт придает террору другую окраску, исключительно важную для самого террориста. В этом случае он рассчитывает на многократное повышение оценки своей личности, прежде всего, в глазах боевого сообщества и в собственных глазах. Террор для него представляется как личной жертвой, равной подвигу. Поэтому страх смерти замещается компенсацией в виде посмертной памяти о нем как о великом человеке, имя которого террористическая организация превращает в национальный символ.

Кроме того, вопрос жертвы имеет свою цену в глазах мирового сообщества. Нередко национальные лидеры оспаривают мнение о террористах как простых насильниках. Вчерашний аутсайдер превращается в персонажа с мировой известностью. Благодаря СМИ свидетелями его «подвига» становятся тысячи людей и даже все мировое сообщество. Массовый зритель воспринимается таким человеком как некий арбитр, санкционирующий его насильственные злодеяния.

Каждый прожитый террористом день есть подготовка к свершению теракта. У многих из них формируется синдром «Рэмбо» или «Зомби», обусловленный нахождением личности в условиях повышенной хронической боевой готовности, пролонгированной ситуации стресса. Каждые сутки посвящены поддержанию отличной физической и боевой формы. Выработка рефлексов безопасности, звериной пластики, и в то же время готовность в чрезвычайной ситуации принести свою жизнь в жертву отличает идеального боевика от обычного человека. Террорист всегда находится на войне, а боевой конфликт вызывает выброс агрессивных эмоций, имеющий для него огромное значение, похожий на катарсис. Поэтому тяготы военного образа жизни кажутся совершенно естественными. Наоборот, мирная ситуация, особенно затянувшаяся, вызывает ощущение неуверенности, дискомфорта.

Средой, в которой террорист обретает свою идентичность, является его боевая, террористическая организация или группа членства. Именно в ней будущий камикадзе обретает товарищей, чувствует их поддержку в адаптации, готовность принять его в свое сообщество. Здесь он расстается с одиночеством и апатией. Преданность своей организации, подчинение всем ее требованиям являются священными заповедями террориста. Предательство грозит не только смертью от рук своих боевиков, но перечеркивает весь проделанный путь и надежду на высокую оценку совершенного акта. Камикадзе не видит всего остального мира, точнее, игнорирует его, оставляя только один ракурс своей идентичности – группу членства, будучи абсолютно уверенным, что собственная смерть будет примером для других.

Неприятие такими людьми своей социальности, имеющее нередко в качестве причин одиночество, несостоявшуюся личную судьбу, потерю семьи, соплеменников, отсутствие заработка и жилья, стимулирует такого человека к поиску иных планов жизнетворчества, не связанных с обыденностью и ежедневным кропотливым трудом. Неудовлетворенность наличными условиями бытия, биологическими корнями (например, физическая неполноценность, непривлекательность) служат стимулом для коренного слома своей судьбы, кардинальной переоценки существующих норм. Уход от прежней жизни сопровождается обычно отказом от имущества, привилегий частной, мирной повседневности, готовностью не дорожить жизнью как исключительной ценностью.

Трудности процесса глобализации и модернизации общества могут ограничивать жизненную энергию людей и рождать на свет разрушительные сценарии идентичности. Размышляя о влиянии цивилизационных факторов на выборы смыслов жизни, нельзя не сказать, что исторический процесс всегда интегрировал в себя волны дифференциации и глобализации. Но почему именно в XX веке терроризм приобрел международное значение, а процесс идентификации личности стал носить самоуничтожаемый характер?

Стремление к смертельно острым ощущениям необходимо таким людям постоянно. Можно ли их считать невротическими личностями? Безусловно, да. Но назвать всех террористов психически ненормальными людьми было бы неправильным и поверхностным мнением. Но предположить, что в основе структуры личности смертника лежит базальная тревога, содержащая в своей основе состояние конфликта с миром, с людьми, в котором пребывает эта личность, вполне возможно.

Жизненный путь человека, свернувшего на путь террориста – смертника, превращается в преступный выбор с точки зрения общечеловеческих и религиозных норм. Экспроприируя жизни других людей и оставляя ужас в сердцах свидетелей столь бесчеловечной экспроприации, он редко или никогда не размышляет об истинности своего жизненного выбора. Посягательство на жизнь другого человека – тяжкий грех, как и самоубийство, за неисполненное индивидом предназначение на земле, измену своему уделу, предначертанной свыше судьбе нести свой крест до конца.

Вывод. Проанализированные экзистенциальные практики свидетельствуют о глубоком антропологическом кризисе, утрате плодотворных жизненных смыслов и поведенческих ориентиров. Современная ситуация стала принципиально иной по сравнению с традиционными обществами, где выбор был не очень велик и развилок крайне мало. В обществе глобального

риска возможные альтернативы выбора смысла жизни создают для индивида настоящую стрессовую ситуацию. Сама по себе возможность выбора уже вызывает напряжение, обусловленное размышлениями над последствиями выбора, а свершившийся выбор задает головоломную задачу человеку: правильно ли он поступил, не упустил ли другой, более многообещающий удел? Происходящие сдвиги в сознании индивидов указывают на катастрофические явления в идентификации личности. В современном высокодифференцированном обществе упущенные возможности всегда есть, риск – спутник индивида, напоминающий ему о неиспользованных, упущенных выборах. Стоя один на один перед выбором, и отдав предпочтение какому-то поступку, действию, цели, он всегда рискует, оставляя много других желаний и поступков нереализованными. Его жизненный путь содержит множество точек бифуркации, разветвлений, которые могут никогда не слиться.

Библиографический список

1. Лагутин Д.А. Проблема сохранения индивидуальности в «индивидуализированном обществе» / Д.А. Лагутин //Философия и будущее цивилизации: тез. докл. и выступлений IV Рос. философ. конгресса. – Т.3. – М.: Современные тетради, 2005.

2. Элиас Н. Общество индивидов / Н. Элиас. – М.: Праксис, 2001.

3. Носов Н.А. Виртуальная психология / Н.А. Носов. – М.: Аграф, 2000.

4. Бондаренко Т.А. Трансформация личности в условиях виртуальной реальности / Т.А. Бондаренко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006.

5. Ольшанский Д.В. Психология терроризма / Д.В. Ольшанский. – СПб: Питер, 2002.

6. Савинков Б. Конь Бледный / Б.Савинков // Избранное. – М.: Московский рабочий, 1990.

Материал поступил в редакцию 03.03.09.

S.N. YAREMENKO

THE TRAPS OF IDENTIFICATION

The article analyses the process of identification as person's choice of life sensible schemes. Senses and styles of life are represented as key identificative personal characteristics. Special attention is paid to identificative traps what are very actual especially in the society of risks.

ЯРЕМЕНКО Светлана Николаевна, заведующая кафедрой «Философия» ДГТУ, доктор философских наук (1998), профессор (1998). Окончила Ростовский-на-Дону государственный университет (1970).
Область научных интересов: внешние образы человека в культуре, идентичность человека в обществе риска, смысл жизни, философский вопрос психической реальности.
Имеет 40 научных публикаций.

syaremenko@dstu.edu.ru

УДК 37.017.7

С.Я. ПОДОПРИГОРА

СУБЪЕКТ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНОГО ПОЗНАНИЯ

В статье рассматриваются философские проблемы социальных и гуманитарных наук в аспекте человеческой субъективности, жизненного мира, формирования ценностных ориентаций, стратегий познания и самосозидания человека. Показано, что в результате разработки проблем синергетики переосмысливается место человека в структуре познавательной и практической деятельности. Это дает возможность принципиально иначе подойти к анализу социально – гуманитарного знания.
Ключевые слова: *рационализм, культура, герменевтика, креативность и интеллект, холизм и элементализм, витальность, феноменология, натурализм, аксиология, модернизация и глобализация.*

Введение. Философия науки является не только методологией науки и техники, но и включает в себя историю науки, социологию науки, историческую культурологию, когнитивную психологию и др. Современная научная рациональность формируется в предельно широком социально-гуманитарном пространстве. Тенденции развития социально-гуманитарного познания отражают потребности в модернизированном философском представлении о типе рациональности, единстве человеческого разума и культуры. Поэтому взаимодействие социальных и гуманитарных наук, проблема рациональности и культуротворчества определяет внимание философии к методологическим проблемам социально-гуманитарного знания, одной из важнейших особенностей которого является его субъектная природа.

Проблема понимания. Переход от классической эпистемы к современной информационно-коммуникативной парадигме сопряжен с новыми формами бытия человека и познавательных практик нелинейного жизненного мира. Переход от жесткой детерминации к целостному рассмотрению диалогического, а зачастую полилогического взаимодействия становится нормой. Известно, что научное познание направлено на выработку объективных и системноорганизованных знаний о мире, а вненаучное – на формирование плюральной картины мира, чувственно-логических образов и культурных интенций человеческой субъективности. Комплементарное взаимодействие первого и второго имеет синергийную природу, основанную на принципе дополнительности картины мира и концепции жизни как открытых нелинейных, саморазвивающихся систем [21].

Основными недостатками предшествующей философии являются трансцендентализм, панлогизм и метафизический фундаментализм, которые исказили «образ» человека как субъекта созидания и самосозидания. Действенной является такая философия, которая помогает человеку жить, позитивно адаптироваться и реализовывать себя. Это философия гибкой рациональности и жизненного смысла. Бинарные оппозиции – духовное-телесное; субъективное-объективное; рациональное-иррациональное; истина-мнение и т.д. становятся порождением языковой игры, а не философской рефлексии. Понятие «зеркало природы» (Р.Рорти) утратило свое эвристическое значение. Теперь человеку необходимо ориентироваться не на истину в «последней инстанции», а на самого себя. Действительно, флук-

тации становятся творцами организации системных объектов. Постмодернизм гибче, креативнее модернизма, а тем более – классического детерминизма.

В настоящее время идея социального конструктивизма в теории познания весьма популярна в философском научном сообществе. Рорти вводит понятие «иронический либерализм», которое отражает самосозидание человека и сотрудничество со значимыми другими; он считает, что после «смерти эпистемологии» сотрудничество становится основным принципом культуры, научного поиска и коммуникативного действия. Различного рода практики не могут избежать «теоретической нагруженности» коммуникативным и культурным контекстом. В то же время возврат к классическим формам «законодательного» разума невозможен. Необходимы новые стратегии «гибкой» рациональности, новые стратегии когерентности культуры и познания. Кант и Гегель воспринимали философию в свое время слишком серьезно. Может быть, сейчас философия – это один из мировоззренческих методов «снятия» «экспрессивного» и «логического» напряжения человеческой субъективности? Ее гуманистическая, созидательная природа должна стать вызовом рискогенному обществу, алогичному и потенциально опасному миру [3].

Субъективность человека предполагает самосознание в качестве его жизненного мира. В контексте антропологического измерения самосознание – это выделение человеком себя из среды (биологической, техногенной, информационной, социокультурной); осознание своей активности и социального интереса – Я – управляю собой (самоуправление); осознание себя через «Другого» (самореализация); наличие рефлексии интеллекта и креативности (самоактуализация); моральная оценка себя (самооценка); осознание своего субъективного опыта (самоконтроль). Осознание своих целей, жизненных стратегий, актуализация потенциала человека – важная миссия самосознания. Благодаря самосознанию преодолевается когнитивный диссонанс, диффузия идентичности, формируется интегральное представление человека о самом себе в глобализирующемся мире [16].

Современная кризисная ситуация в философии характеризуется снижением роли классической и неклассической рациональности и рационализма в целом; смещением ментальных установок в сторону иррациональных, интуитивных, спонтанных, синергетических механизмов воспроизводства, трансляции знания. Происходит переход от моноонтического мышления к полионтическому. Это объясняется усилением влияния человеческой субъективности, утверждающей гибкую рациональность, многообразие информационного выбора и коммуникативного действия.

Интегративные процессы в обществознании, проблемы идентификации человека актуализируют специфику социального и гуманитарного знания. Закономерности социальных и гуманитарных наук непосредственно связаны с процессом понимания источников, интерпретацией текстов. Данный вопрос ставился и изучался в рамках герменевтики. Современная теория познания вновь обращается к герменевтическому подходу [13].

Проблема понимания приобретает всё большую актуальность. Это обусловлено не только усилением процессов фрустрации, агрессивности, социальных противоречий и конфликтов в обществе, но и его модернизацией и глобализацией. Важно обозначить место процесса понимания в со-

циальном бытии, осмыслить этот феномен. Без этого невозможно реализовать цели созидательной деятельности в труде, общении и познании. Помочь человеку достичь согласия, толерантности или восстановить его – задача герменевтики. Основоположник современной философской герменевтики Г. Гадамер отмечает, что пониманию всегда предшествуют трудности, препятствия в установлении согласия. Напряженное усилие воли к пониманию начинается с ощущения столкновения с чем-то чуждым и непонятным. Семантические варианты понятия «чужой» дают возможность рассматривать его в широком смысле, как все то, что находится за пределами известных явлений и представлений. В противоположность этому у Гадамера, Хайдеггера понимание выступает в качестве определяющей характеристики существования человека, как свойство и состояние познавательной деятельности, как способ его бытия [6].

Цель научного познания – получить адекватное и всестороннее знание об объекте, явлении, процессе. В философии науки можно выделить следующие основные концепции истины:

- *теория соответствия (корреспонденции).* Основоположником данной концепции считают Аристотеля. Истиной он называл соответствие наших знаний объективной реальности;

- *теория когерентности*, которой придерживался Гегель, утверждает, что отдельные суждения приобретают смысл лишь в системе других суждений. Простое соответствие мысли объекту недостаточно. Необходимо учитывать последовательность, диалектическую взаимосвязь суждений логики мышления;

- *теория прагматичности* утверждает, что критерием истины и основой познания является практика (марксизм; американский прагматизм – Дж. Дьюи, У. Джеймс). Если марксисты считают, что истинно, то, что можно подтвердить практически, то прагматики под истиной понимают прогнозируемость, соответствие будущему опыту, полезность идеи при достижении поставленных целей.

Достижение указанных способов познания истины обусловлено как профессиональной подготовленностью субъекта, характером объекта, так и особенностями организации исследовательской деятельности. Но если задача достижения адекватности научного знания исследуемому объекту успешно решалась на протяжении всей истории развития науки, то задача обеспечения всесторонности отражения объекта в системе научного знания ещё далека от своего решения. Формализация и математизация, информатизация познавательного процесса не в состоянии радикально изменить данную ситуацию. Стало очевидным фактом, что в сфере социального и гуманитарного познания эти средства имеют ограниченное приложение. Рационализация процесса познания дала человеку знание об объективных законах развития природы и общества. В то же время рационализм не может дать человеку конкретного знания о механизмах действия социальных законов. Рационализм нуждается в связи с гуманитарным культурологическим аспектом научных исследований социальных процессов. Синтез рационализма и гуманитаризации способствует реализации потенциальных возможностей научного познания, делает его не только адекватным, но и конкретным, ценностным и значимым [13].

Формирование гуманистических ценностей представляет собой субъективацию внешнего для индивида бытия. Происходит привнесение в него нового смысла и значений. Субъективация может быть оценена как процесс опредмечивания духовного, человеческой субъективности в жизненном мире. Процесс субъективации является креативным, так как связан с приращением бытия, созданием новой духовной и материальной реальности, созиданием субъекта познания. Креативность человеческой субъективности предполагает богатство мыслей, гибкость и оригинальность мышления, способность человека к постановке проблемы и выдвижению гипотезы, активное воображение, иррелевантность, т.е. логическую независимость реакции от стимула. Исследования субъектов познания, обладающих высоким творческим потенциалом, показали наличие у них интеллекта и интуиции, сознания и бессознательного, рационального и иррационального, экстравертивности и интровертивности.

Понятие субъекта. Субъект (индивид, социальная группа, научное сообщество и т.д.) – носитель духовно - практической деятельности познания и творчества, источник активности, направленной на объект познания и влияющей на социальный интерес человека. Такое понимание субъекта берет начало в философии Нового времени. Это связано с характерным для нее субъектоцентризмом. В классической философии (начиная с рационализма Декарта) субъективное стало пониматься как внутренний мир сознания и познания человеком объекта. Основной лейтмотив неклассической философии связан с творческим статусом субъекта, который познает и изменяет объективную действительность. Если неклассическая философия абсолютизирует творческие возможности субъекта, то постклассика и постмодерн предпринимают попытку теоретической реабилитации объекта, недооценивая творческое начало в человеке как субъекте познания [13].

В XX веке в науке произошли существенные изменения, которые потребовали специального изучения отдельных методологических проблем. Одной из таких проблем явилась дифференциация социально-гуманитарного знания и появление новых методов исследования. Становление социальных и гуманитарных наук происходило в эпоху индустриализма и было связано с внедрением научных знаний в производство, потребностями научного управления социальными процессами. Индустриальное развитие привело к относительно быстрым трансформациям социальных структур, разрушению традиционных социальных связей. Образовались новые типы социальных общностей, которые стали объектами социального познания и управления. Антропологический поворот в философии XX века означал смещение интересов с теоретико-познавательной на социально-гуманитарную проблематику и явился результатом общественных изменений под воздействием научно-технической революции. В стратегии развития социальные и гуманитарные проблемы становятся приоритетными по сравнению с экономическими. По мере улучшения жизни людей всё больше интересуют вопросы стиля жизни, реализации собственных идей и индивидуальных ориентаций деятельности. Это вносит новые смыслы и значения в понятие социального субъекта познания и действия.

Синергетические подходы. Разнообразные формы знания имеют синергетическую природу. Жесткие гносеологические детерминанты, унифицированные формы знания устанавливают определенные ограничения в раз-

витии. Сейчас осознается ценность и значимость социально-гуманитарного знания, отражающего нелинейность, самоорганизацию, открытость систем взаимодействия. Научная картина мира приобретает единство не через унификацию различных областей знания и их редукцию к онтологическим принципам какой-либо «ведущей» науки. Напротив, системное единство проявляет себя в многообразии. Происходит существенная переориентация принципов исследовательской и экспериментальной деятельности. Требуется ситуативный менеджмент научной деятельности, построение гибких сценариев, с широким использованием новых информационных технологий, с ответственным выбором, обусловленным не только научной объективностью, но и в контексте социокультурных факторов. Субъекту познания приходится быть режиссером сценариев научного поиска, созидать себя, определять свои индивидуальные стратегии познания и деятельности.

Модернизация мировоззренческих подходов основана на идеях системности, целостности мира и социогуманитарного знания о нем. Единство и многообразие взаимодействия объектов и субъектов духовной организации основаны на нелинейности (многовариантности) развития, глубинной взаимосвязи случайности и необходимости, хаоса и порядка. Синергетика создает новый образ мира, который предстает открытой системой, т.е. является не ставшим, а становящимся, не просто существующим, а непрерывно возникающим, пульсирующим миром; он процессуален, развивается по нелинейным законам. Последнее означает, что глобальный мир полон неожиданных поворотов, связанных с выбором путей дальнейшего развития. Оказывается, что нелинейное и хаотическое - это эвристические принципы саморазвития в обществе, а линейное как упорядоченное – это, скорее, исключение из правил, которое ученые привыкли считать закономерностью.

Синергетика как новое мировидение несет в себе культурологический потенциал. В результате разработки проблем синергетики переосмысливается место человека в структуре познавательной и практической деятельности. Это дает возможность принципиально иначе подойти к сложным процессам человеческой психики и развития науки в контексте культуры. Исходная направленность здесь иная – не от отдельного и единичного, а, наоборот, от всеобщего к единичному, от общего к особенному. Сложность и многомерность каждого отдельного когнитивного акта не является для синергетики главным и определяющим фактором, вокруг которого «якобы» должны концентрироваться попытки эмпирических обобщений [10].

Синергетика важна как диалектический подход к пониманию развития нелинейных открытых систем, как особый стиль мышления. То есть она важна именно своей методологической стороной. Если иметь в виду ценность синергетики для широкого круга ученых, весьма отдаленных от естествознания, то можно сделать вывод: для них синергетика может выступать, прежде всего, как стратегия мышления, а не как образ мира. Широкие эвристические возможности синергетического видения мира сегодня не до конца осознаны. Они заключаются не столько в ответах, информационной стороне знания, сколько в способах постановки новых, нестандартных проблем, стимулирующих задачи исследования в конкретных областях. Синергетика может «подсказать», какой в исследовании необходимо сделать следующий шаг и что можно ожидать в будущем. А правильная постановка

проблемы и выбор стратегии поиска, как известно, бывают более ценными, чем само решение проблемы.

Принципы нового холизма и элементализма особенно важны в свете дальнейших когнитивных приложений синергетики. Синтетическая сторона мышления гораздо труднее поддается объяснению, чем аналитическая. Вопрос о том, как возможны синтетические суждения apriori, был центральным в гносеологии И. Канта. Загадка соединения – это загадка творчества, созидания. Тейяр де Шарден выразил это почти в поэтической форме: «Creer, c'estimir», что означает «создавать значит соединять (объединять)». В синергетике это представление обретает форму принципа к «единству через многообразие» [10].

Синергетическое воззрение на мир позволяет по-новому подойти к проблеме эффективного управления развитием сложных систем (когнитивных, социоприродных, социокультурных, экологических, экономических, политических и т.п.). С точки зрения синергетики неэффективное управление системой заключается в навязывании последней несвойственной ей формы организации. Субъект познания сталкивается с трудноразрешимыми проблемами, если он не принимает во внимание неоднозначные, нелинейные обратные воздействия сложноорганизованных иерархических систем на человека. Знание принципов самоорганизации сложных систем дает новые перспективы. Синергетическая идея о многообразии путей развития нелинейной среды позволяет человеку как субъекту труда, общения и познания оптимистично смотреть в будущее.

Еще рано говорить о философии синергетики, синергетическом видении когнитивных процессов, как общепринятых и в достаточной мере разработанных. Но очевидно то, что синергетика, имея естественнонаучную основу, возникнув из неравновесной термодинамики и нелинейного анализа, осуществляет проникновение в различные, даже весьма отдаленные от естествознания, области знания. И эта экспансия имеет свои основания. Ведь синергетика выявляет некие универсальные образцы самоорганизации и эволюции сложных систем как природных, технических, так и социально-гуманитарных. Несомненно, что синергетические подходы во многих сферах знания оказываются весьма плодотворными [10].

Структура социально - гуманитарного знания. Социально-гуманитарное знание представляет собой результат познания общества, культуры, деятельности человека; оно разделяется на донаучное, вненаучное и научное. Донаучное – это предшествующие науке мифологические, религиозные, обыденные, психологические и другие формы отражения действительности. Донаучное познание возникает в повседневной жизни и в политической, юридической, художественной деятельности; создает конгломерат знаний, сведений и верований, лишь отдельные фрагменты которого связаны между собой. С появлением научного социально - гуманитарного знания многие из донаучных форм социального познания трансформируются во вненаучные (астрология, гелиобиология, гелиопсихология, народная медицина, народная педагогика, народная метеорология, уфология, физиогномика, толкование сновидений и т.д.), которые выполняют свои познавательные функции одновременно с наукой.

Во второй половине XX века отношение личности к научной рациональности начинает меняться. Из средства самореализации человека ра-

циональное трансформируется в замкнутую систему, отчужденную силу, противостоящую человеку и диктующую ему свои потребности, цели и ценности. Поэтому появление в данном контексте значимых вненаучных форм познания является одним из способов формирования новых моделей рациональности. На современном этапе познания человеком мира необходим диалог научных и вненаучных форм познания. Следует переходить от социокультурной детерминации к целостному рассмотрению диалогического взаимодействия, связей различных уровней и методов познания. Если научное познание направлено на выработку объективных и системноорганизованных знаний о мире, то вненаучное – на формирование плюральной картины мира, чувственных образов и интенций человеческой субъективности [17].

Сегодня социальные и гуманитарные науки оказались перед необходимостью решения важной задачи. Им надо ответить на вызов времени, который поставил вопросы о состоятельности человека, человечества по решению проблемы выживания. Происходит испытание интеллектуальных возможностей личности, её гуманитарной культуры, знаний и убеждений. По словам академика Н.Н. Моисеева, «XXI век будет веком гуманитарного знания, подобно тому, как XIX век был веком пара и инженерных наук» (Вопросы философии. – 2000, №9). Облик будущего общества будет определяться уровнем духовного потенциала, интеллектуального развития человека, следовательно, будет зависеть от содержания социального и гуманитарного знания.

Научное сообщество. Научное сообщество является субъектом познания. Это совокупность ученых-профессионалов, деятельность которых отражает специфику научной профессии. Представление о научном сообществе было введено Р. Мертоном, а затем дополнено в работах Т. Куна, Т. Парсонса. Научное сообщество ответственно за целостность науки и ее эффективное функционирование. Основной его целью является увеличение массива научного знания. Институтами научного сообщества являются локальные, региональные, национальные, международные профессиональные научные сообщества специалистов. От качества взаимодействия между этими институтами, бизнесом и государственной властью зависит эффективность науки [12].

Основные исследовательские программы социально-гуманитарных наук. Натуралистическая исследовательская программа изучает закономерности природных, экономических, социальных и других объективных процессов развития. Основные ее направления:

- *натурфилософия (философия природы)* – область философских исследований, которые стремятся рационально постичь целостность природы и её первоначала, осмыслить природу как всеобщее понятие, задающее принципиальную схему понимания и объяснения бытия природных явлений;

- *механицизм* – метод познания, основанный на признании механической формы движения материи как единственно объективной. Механицизмом называют также соответствующее этому методу миропонимание и его подходы к общенаучным и мировоззренческим проблемам;

- *биологизм* – направление в гуманитарных и социальных науках, общим признаком которого является применение понятий и законов биологии для понимания общественной жизни;

- *географический детерминизм* – концепция, утверждающая географическую среду в качестве ведущей причины социального устройства;

- *демографический детерминизм* – причинная зависимость развития общества от изменения соотношения смертности и рождаемости населения;

- *экономизм* – концепция, согласно которой экономика имеет определяющее влияние на содержание социальных процессов;

- *социоцентризм* – направление, утверждающее, что социальные законы являются определяющими в развитии культуры и цивилизации;

- полицентризм – теория, согласно которой расы современного человека якобы произошли от различных форм ископаемого человека в нескольких районах земного шара; моноцентризм – учение о происхождении человеческих рас от одного неандертальского предка в одной области земного шара.

Антинатуралистическая исследовательская программа изучает субъективные познавательные процессы. К данной программе относятся:

- *духовность (духовное)* – это система многообразных идеальных явлений (мыслей, чувств, представлений, взглядов, идей), существующих как в определенных формах объективации (наука, образование, искусство и т. д.), так и в формах субъективного познавательного и ценностного отношения людей к ним в конкретных условиях их реальной жизнедеятельности.

- *субъективизм* – мировоззренческая позиция, отрицающая объективный подход к действительности; субъективность – позиция личности, концепция «Я», включающая в себя познавательные процессы, состояния и свойства личности; субъектность – творческое начало личности, ее деятельностная сущность;

- *идеализм* – направление в философии, которое отождествляет внешний мир с содержанием сознания познающего субъекта (субъективный идеализм), или утверждает существование идеального, духовного начала вне и независимо от человеческого сознания, а внешний мир считает проявлением духовного бытия, универсального разума (объективный идеализм);

- *рационализм* является целостной гносеологической концепцией, противоположной сенсуализму и эмпиризму; утверждает разум в качестве не только ведущей формы и источника познания, но и программы самосозидания человека. В то же время в стремлении к идентичности большое влияние оказывают чувства, эмоции, интуиция, инстинкты адаптации, т.е. иррациональные свойства человека;

- *культуроцентризм* – трактовка культуры как наиболее значимого в теоретическом и методологическом плане феномене общества. Появление этого подхода относится к началу XX в., когда определился кризис натуралистической, позитивистской программы изучения социальных явлений;

- *психологизм* – воззрение, согласно которому психологическое знание выступает основой социальных и гуманитарных наук;

- *феноменологизм* – философское учение, признающее единственной реальностью феномены сознания, субъективности человека;

- *герменевтика* – направление в философии и гуманитарных науках, которое рассматривает понимание как условие осмысления социального бытия; в узком смысле – это способы понимания и истолкования текстов философии, филологии, истории, юриспруденции, богословия и др.

Натуралистическая и антинатуралистическая исследовательские программы социальных и гуманитарных наук отражают единство и многообразие мира, познают объективное и субъективное в их взаимодействии. Поэтому в социальном познании следует разграничивать мир явлений и мир субъективных ценностей и оценок.

Понятие жизненного мира. Как возникают гипотезы, на основании какого социально-гуманитарного знания они формулируются, уточняются, верифицируются, чем обеспечивается соответствие того, что прогнозируется и того, что реально существует? Ответить на эти вопросы можно с помощью понятия жизненного мира как многоуровневой системы представлений человека о мире, других людях, о самом себе, своей деятельности.

Жизнь, рассмотренная на индивидуальном уровне, есть саморазвитие, целеустремленность, волевое и спонтанное движение субъекта к объектам познания. В этом движении проявляется витализм, выражение динамического энергетического начала. Об этом писали Риккерт, Шелер, Ортега-и-Гассет и др. Включенность в деятельность превращает индивида в субъекта жизни, который переходит из состояния спонтанности в целенаправленную деятельность созидания мира культуры. Философы жизни подчеркивали конфликт природы и культуры. Об этом серьёзно размышлял З. Фрейд, его последователи; в XX веке гуманисты и педагоги не в меньшей степени были озабочены данной проблемой. Философский подход к жизни отражает полноту, целостность данного явления, что важно для выработки стратегий развития индивидуального и социального бытия [7].

Категория «витальность» входит в состав философско-антропологических исследований как попытка обозначения единым понятием идеально-действенного содержания жизни. Если ранее существовала тенденция описания витальности космической или биологической природы, то сегодня перспективу имеют исследования витальности как явления антропореальности. Витальность следует рассматривать как умозрительное понятие, как качественную характеристику жизненной «энергетики», высвобождение которой усиливает активность и социальный интерес человека. Другими словами, витальность – это философский концепт, предназначенный для обоснования человеческой способности к творчеству и самосозиданию.

Жизнь – (1) категория классической философии, отражающая способ бытия материального мира, который обладает наследственной программой, обменом веществ, самовоспроизведением и саморазвитием; (2) концепт неклассической философии, представляющий собой осознание жизненного мира, субъективно постигаемую целостность реальности бытия, его духовно-коммуникативную сферу и исторический опыт (Дильтей, Зиммель). В частности, Вильгельм Дильтей считает, что центральным понятием философии является понятие жизни, отражающее способ бытия человека в культурно-исторической реальности. Исходным пунктом его ис-

следования явилось осмысление кризиса философии, суть которого заключается в отстранении от проблем конкретного человека. Дильтей призывал к формированию активного мировоззрения, которое способствует ориентации человека в жизненном мире. Главным объектом философии должна быть жизнь как всеобщая способность и основание порождения новых форм духа. Поэтому определяющей стороной философии, по Дильтею, является не научно-познавательная, а ценностная функция [7].

Жизненный мир - это предмет познания не естествознания, а социальных и гуманитарных наук; он относителен в связи с историческими, культурными и социальными формами развития общества, субъективностью человека, переживающего его в опыте. Понятие жизненного мира представлено в философии Э. Гуссерля, феноменологической социологии А. Шюца, которые исследуют его как естественную установку сознания на познание социальной среды общения.

Альберт Швейцер сформулировал концепцию «нового этического рационализма», основанного на принципе благоговения перед жизнью, проникнутую идеей независимости жизневоззрения от мировоззрения «натурфилософии». Согласно этому подходу, высшим знанием является доверие к индивидуальной жизненной воле. Воля к жизни расценивается как бесконечное, все определяющее начало сущего. Современное крушение идей эпохи Просвещения, стремительное движение цивилизации к саморазрушению, по мнению Швейцера, предельно актуализируют необходимость синтеза рационализма и культуры, интеллекта и благоговения перед жизнью. Без такой интеграции человечество не сможет выработать стратегии «спасительного» планетарного сознания. Швейцер, как яркая личность, стал феноменом цельной, нравственной человеческой культуры. Его жизненный подвиг должен служить духовной опорой современному человеку. Он предлагает стратегию: «Я жизнь, которая хочет жить среди жизни». Преклонение перед жизнью, стремление ее сохранить и развить призвано стать основой этического обновления человечества, средством против «прагматичного» рационализма, скептицизма и антигуманности современной цивилизации.

Экзистенциалисткий взгляд на проблему человека берет свое начало из осознания уникальности бытия человека в жизненном мире [8]. Мы не существуем вне мира, и мир не имеет значения без нас, живущих в нем. Отрицая тезис о том, что человек является результатом только биологических (наследственных) факторов, социальных и природных закономерностей, экзистенциалисты подчеркивают идею о том, что, в конечном итоге, каждый из нас ответственен за то, кем мы являемся. Жан – Поль Сартр утверждал, что человек – это не что иное как то, чем он делает себя сам. Самосозидающий человек вправе сказать: «Я есть мой выбор, я есть моя судьба». Каждому из нас брошен вызов – мы все стоим перед задачей наполнить нашу жизнь смыслом в этом сложном и противоречивом мире. Для экзистенциалистов вопрос заключается в том, может ли человек жить подлинной жизнью, быть ответственным и свободно осуществляющим свой выбор.

Одной из задач методологии гуманистики является анализ истоков научного социального знания о жизненном мире человека. Включенность социального теоретика в структуры жизненного мира влечет за собой

осознание утраты статуса абсолютного наблюдателя, признание его несвободы. Гуссерль, как основатель феноменологии, одна из наиболее значимых фигур философии XX века. Проблема науки и научности определила центральную тему ранней его феноменологии. Спасение от техницизма и натуралистического субъективизма Гуссерль видит в восстановлении утраченной связи науки с субъектом. Кризис культуры и науки должен быть разрешен не средствами традиционной философии, а средствами «науки о духе», которую Гуссерль называет наукой о «жизненном мире». Жизненный мир является смысловым образованием знания. В отличие от мира науки, который является идеальным конструктом, жизненный мир не создается искусственно. Он дан человеку непосредственно как целостность, структурность, константность, апперцепция восприятия. Жизненный мир, по Гуссерлю, является основанием всех научных идеализаций; он всегда соотнесен с субъектом; это его интериоризированный окружающий, повседневный мир, который субъективен и релятивен; он дан человеку в виде практических целей; это культурно-исторически обусловленный образ мира, который предстает в индивидуальном, групповом, массовом, общественном сознании. Гуссерль говорит о заблуждениях европейского рационализма, которому присущ объективизм, натурализм, и который вытеснил дух, человеческую субъективность из сферы науки. Разрешить это противоречие и призвана философия жизненного мира [6,7].

Таким образом, жизненный мир: (1) является основанием научных идеализаций; он субъективен, то есть дан человеку в контексте практики, ценностей и целей; (2) выступает как культурно-исторический выбор; (3) обладает априорными структурными характеристиками, на основании которых возможно формирование научных абстракций. В понятии жизненного мира отражена важная проблема взаимодействия науки и социокультурной практики, т.е. понимание жизни за пределами ее биологических смыслов. Познание социокультурного мира и «переживание» жизни является ценностным содержанием социальных и гуманитарных наук.

Природа ценностей. Ценность как специфическое субъект – объект – субъектное отношение, с одной стороны, предполагает внешнюю детерминацию со стороны общества, а с другой стороны, принятие и преломление ценностей в жизни человека, что предполагает диалогичность межкультурной коммуникации как основы преемственности ценностей и понимания.

Известный американский социолог и футуролог А. Тоффлер отмечает, что человечеству сегодня предоставлены разнообразные возможности дальнейшего развития. Но какое будущее общество для себя выбирает зависит от ценностных стратегий, определяющих движение к новому типу цивилизации и культуры. В настоящее время происходит модернизация цивилизационного развития. Обществу необходимо осуществить переход от потребительского отношения к природе к сознательному регулированию отношений с ней, преодолев чисто технократические подходы. Без экологической этики, формирования разумных потребностей у общества не останется шансов на сохранение ведущей ценности - ценности человеческой жизни [20].

Идентичность человека выступает одним из основных стратегических факторов, определяющих его жизненные интересы, стиль мышления и способы действия в условиях выживания. Переход цивилизации к устойчи-

вому развитию возможен при обеспечении приоритета гуманистических ценностей. «Ценность» как философская категория вошла в научный оборот философии еще в 60-х годах XIX века. Во второй половине XX столетия происходит сущностная переоценка ценностей. На смену традиционному обществу приходит информационное; индустриальному – постиндустриальное; модернизму – постмодернизм.

Аксиология как наука изучает ценностные основания жизненного мира человека. Становление аксиологии связано с неокантианством, в особенности с именами немецких философов Г. Лотце и В. Виндельбанда. Это область философского знания, относящаяся не только к сфере этики, моральному сознанию, нравственному поведению, но и касающаяся метафизических оснований отношения человека к бытию. Аксиологию интересует не бытие как таковое и не законы его познания, а отношение человека к бытию на основе системы ценностных представлений о справедливости, добре, благе, красоте, истине и т.д. Ценности выступают основанием целеполагающей и оценочной деятельности человека, позволяют ему обрести творческое, самостоятельное существование в мире. К настоящему времени аксиология утвердилась как особая область знания не только в западной, но и отечественной традиции. К последней относятся работы В.П. Тугаринова (философия), О.Г. Дробницкого (этика), А.А. Ивина (логика), А.Я. Гуревича (культурология), Д.Н. Узнадзе (психология), В.А. Ядова (социология) [9].

Современная роль ценностей в социально-гуманитарном познании проявляет себя в таких направлениях исследования, как ценностный релятивизм постмодернизма, компаративистская философия, герменевтические теории, социология знания, философия и социология образования, межкультурная коммуникация, синергетическое мышление как социокультурное и др. Аксиология ориентирует социально-гуманитарные науки на анализ стратегий личностного и индивидуального, феноменов самоактуализации и самореализации человека, определение смыслов отношения его к бытию, идеалам и императивам выбора. В настоящее время аксиология как наука дополняется феноменологией ценностей (история как происхождение и становление ценностей, социология как объяснение типов и иерархий ценностных систем, культурология как целостный анализ автономных культурных образований и т.д.). В качестве общенаучных категорий социального и гуманитарного анализа ценностей могут быть предложены концепты научной картины мира, модернизации и глобализации общества, стиля научного мышления, принципы социокультурной деятельности (либерализация, демократизация, культурный релятивизм, социоморфность, поликультурность). В обновляющихся условиях цивилизационного развития происходит возрастание роли аксиологических стратегий и ориентаций. Ценность определяет отношение субъектов познания и действия к предмету, вещи, явлению, событию, процессу. Ценность имеет решающее значение для развития человека, его самосозидания и деятельности [5].

Выводы:

1. Взаимодействие социальных и гуманитарных наук, проблема рациональности и культуротворчества определяет внимание философии к методологическим проблемам социально-гуманитарного знания, одной из важнейших особенностей которого является его субъектная природа.
2. Интегративные процессы в обществознании, проблемы идентификации человека актуализируют специфику социального и гуманитарного знания.

3. Если задача достижения адекватности научного знания исследуемому объекту успешно решалась на протяжении всей истории развития науки, то задача обеспечения всесторонности отражения объекта в системе научного знания ещё далека от своего решения.

4. Разнообразные формы знания имеют синергетическую природу. Жесткие гносеологические детерминанты, унифицированные формы знания устанавливают определенные ограничения в развитии познания. Сейчас осознается ценность и значимость социально-гуманитарного знания, отражающего нелинейность, самоорганизацию, открытость систем взаимодействия.

5. Социально-гуманитарное знание представляет собой результат познания общества, культуры, деятельности человека; оно разделяется на донаучное, вненаучное и научное.

6. Жизненный мир - это предмет познания не естествознания, а социальных и гуманитарных наук; он относителен в связи с историческими, культурными и социальными формами развития общества, субъективностью человека, переживающего его в опыте. Жизненный мир: 1) является основанием научных идеализаций; он субъективен, то есть дан человеку в контексте практики, ценностей и целей; 2) выступает как культурно-исторический выбор; 3) обладает априорными структурными характеристиками, на основании которых возможно формирование научных абстракций.

7. Ценность как специфическое субъект – объект – субъектное отношение, с одной стороны, предполагает внешнюю детерминацию со стороны общества, а с другой стороны, принятие и преломление ценностей в жизни человека, что предполагает диалогичность межкультурной коммуникации как основы преемственности ценностей и понимания. В условиях модернизации развития происходит возрастание роли аксиологических стратегий и ориентаций. Ценность определяет отношение субъектов познания и действия к миру; имеет решающее значение для развития человека, его самосозидания и деятельности.

Библиографический список

1. Бахтин М.М. К философским основам гуманитарных наук / М.М. Бахтин // Собр. соч. в 7 т. – Т.5. – М., 1996.

2. Бек У. Общество риска / У. Бек. – М., 2000.

3. Бергер П. Социальное конструирование реальности: трактат по социологии знания / П. Бергер, Н. Лукман. – М., 1995.

4. Валлерштейн И. Анализ мировых систем: современное системное видение мирового сообщества / И. Валлерштейн // Социология на пороге XXI века. Новые направления исследования. – М., 1998.

5. Вебер М. Смысл "свободы от оценки" в социологической и экономической науке / М. Вебер // Избр. произведения. – М., 1990.

6. Гадамер Х.-Г. Истина и метод. Основы философской герменевтики / Х.-Г. Гадамер. – М., 1988.

7. Дильтей В. Категории жизни / В.Дильтей // Вопросы философии. – 1995. – № 10.

8. Драч Г.В. Рождение античной философии и начало антропологической проблематики / Г.В. Драч. – М., 2003.

9. Ивин А.А. Социальная философия / А.А. Ивин. – М., 2003.

10. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего / С.П. Капица, С.П.Курдюмов, Г.Г.Малинецкий. – М.,1997.

11. Косарева Л.М. Рождение науки Нового времени из духа культуры / Л.М. Косарева. – М.,1997.

12. Кун Т. Структура научных революций / Т. Кун. – М., 1975.

13. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая / В.А. Лекторский. – М., 2001.

14. Маннгейм К. Очерки социологии знания. Теория познания - Мировоззрение – Историзм / К. Маннгейм. – М., 1998.

15. Микешина Л.А. Ценностные предпосылки в структуре научного познания / Л.А. Микешина. – М., 1990.

16. Микешина Л.А. Философия познания. Полемические главы / Л.А. Микешина. – М., 2002.

17. Петров М.К. Социально-культурные основания развития современной науки / М.К. Петров. – М., 1992.

18. Риккерт Г. Науки о природе и науки о культуре / Г. Риккерт. – М., 1998.

19. Социальное знание и социальные изменения; отв. ред. В.Г.Федотова. – М., 2001.

20. Степин В.С. Научное знание и ценности техногенной цивилизации / В.С. Степин // Вопросы философии. – 1989. – № 10.

21. Степин В.С. Теоретическое знание / В.С. Степин. – М., 2000.

22. Степин В.С. Философская антропология и философия науки / В.С. Степин. – М., 1992.

23. Щедровицкий Г.П. Философия. Наука. Методология / Г.П. Щедровицкий. – М., 1997.

Материал поступил в редакцию 17.02.09.

S. PODOPRIGORA

THE SUBJECT OF SOCIAL AND HUMANITIES COGNITION

Philosophical problems of social sciences and humanities in the aspect of person's subjectivity, life world, forming of values orientation, strategies of life cognition, self creation of person are studied in the article. It's shown that developing of synergetic problems results in reinterpreting of man's situation in the structure of cognition and practical activities. It enables to newly analyze social and humanities cognition.

ПОДОПРИГОРА Станислав Яковлевич (р.1946), декан социально-гуманитарного факультета, профессор кафедры «Философия» ДГТУ, доктор философских наук. Окончил Ростовский-на-Дону государственный университет (1970). Заслуженный работник высшей школы РФ.
Область научных исследований – социальная философия, философская антропология, организационная психология.
Имеет 90 опубликованных работ, в том числе 10 монографий.

esazonova@mail.ru

УДК 008:1

В.В. КОШЕЛЕВ

СОЦИАЛЬНАЯ СПРАВЕДЛИВОСТЬ И СОЦИАЛЬНОЕ НЕРАВЕНСТВО В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

Рассмотрена проблема социального неравенства, которое основывается на социальной стратификации общества, дан анализ соотношения справедливости и социального неравенства. Представлена философская точка зрения на условия формирования среднего класса в современной России.
Ключевые слова: *социальная справедливость, неравенство, трансформация, иррациональность, аморфность, дискредитация, интеграция, аномия, депривация, плюрализм, модернизация.*

Введение. Проблема социальной справедливости тесно связана с проблемой равенства и неравенства людей в конкретных исторических условиях. Иногда можно встретить утверждение, что справедливость есть не что иное, как последовательно проведенное равенство. И это мнение не случайно, оно исторически обусловлено. «В человеческой душе, – как верно замечает один из исследователей, – заложено глубокое стремление к равенству, в ней еще первобытным каменным топором была высечена нестираемая надпись: «все поровну». Однако желание отличиться, выделиться, получить больше тоже свойственно человеческой натуре. Сложноорганизованное общество, основанное на разделении труда и социальной иерархии, порождает моральные представления, которые санкционируют неравенство людей, вытекающее из различий между ними. Противоречивое соотношение равенства и неравенства составляет сердцевину исторически меняющихся концепций справедливости [7,с.214].

Таким образом, социальная справедливость выступает как категория, с помощью которой характеризуется объективно обусловленная уровнем материальной и духовной зрелости общества мера равенства и неравенства в жизненном положении различных социальных общностей и индивидов [3,4,9]. Справедливость, соотнося людей и их поступки, определяет, в чем и как люди непременно должны выступить как равные друг другу, и в чем и как они могут и должны отличаться друг от друга. Как писал русский философ И.А. Ильин, «справедливость есть искусство неравенства. В основе его лежит внимание к человеческой индивидуальности и к жизненным различиям» [6,с.91].

Необходимо также помнить, что, вопреки расхожему мнению, равенство может быть источником конфликтов и несправедливости, а неравенство – согласия и справедливости. Практика показывает, что эти два явления необходимо рассматривать и исследовать в тесной взаимосвязи, взаимозависимости и взаимодействии: одно без другого не существует [2]. Естественно, что проблема социального неравенства имеет конкретно историческое звучание, жестко привязана к национальной специфике, особенностям исторического развития той или иной страны. Не исключением здесь является и современная Россия.

Глобальные тенденции своеобразно преломляются на нашем социальном пространстве. Если рассматривать трансформацию как необходи-

мый и неизбежный процесс, то очевидным становится отсутствие теоретически и практически обоснованной политики по социальной реконструкции России, в силу чего такая реконструкция происходит стихийно, непоследовательно, даже иррационально. Это подтверждают и исследования социальной структуры российского общества, проведенные в последние годы: они фиксируют ее крайнюю неустойчивость, аморфность, неопределенность. Безусловно, такие тенденции, отражаясь в общественном сознании, рождают массовое ощущение несправедливости происходящего, что не может не дискредитировать политику реформ.

Необходимо учитывать, что в сложном и противоречивом процессе общественных преобразований возникают новые формы социальной дифференциации, во многом изменяющие структуру и динамику жизнедеятельности людей, как на макроуровне, так и на уровне первичных социально-производственных ячеек. Формируется новая система отношений неравенства в социальном пространстве. Меняется соотношение форм собственности, институты власти, происходит исчезновение одних групп и слоев, возникновение других, дробление третьих, изменение социальной роли и статуса четвертых и т.д.

Постановка проблемы. Современное понимание проблемы социального неравенства основывается на изучении процессов социальной интеграции и дезинтеграции.

Социальная интеграция чаще всего понимается как процесс гармонизации отношений между различными социальными группами. Абсолютизация интеграции, придаваемое ей исключительное значение приводит к игнорированию социального конфликта, понимаемого как патологическое явление. Акцент делается на согласованности и гармонии элементов общества (традиция идет от Платона, Гоббса, Конта, Дюркгейма и особенно Парсонса).

Социальная дезинтеграция рассматривается как противоположный процесс. Наиболее частые ее формы: распад или исчезновение единых социальных ценностей, общей социальной организации, институтов. Полная социальная дезинтеграция разрушает систему, но не обязательно ее составные части. Большинство философов используют этот термин в смысле относительного снижения общесоциального контроля или, по крайней мере, снижения влияния общепринятых правил социального поведения. Это понятие часто отражает и отступление от норм организации и эффективности, т.е. принятого институционального поведения, то ли со стороны индивида, то ли социальных групп и субъектов, стремящихся к переменам. Тогда понятие социальной дезинтеграции по содержанию становится весьма близким к понятию «аномия». Социальная дезинтеграция способствует развитию социальных конфликтов.

Социальная интеграция в любом обществе базируется на различных формах принуждения и стихийно возникшей солидарности. Соотношение этих моментов весьма существенно. Если в обществе слабо развита солидарность, то возможность рационализировать общественные отношения весьма ограничена, а тенденции к дезинтеграции существенно усиливаются.

Что касается России, то в последние годы наблюдается сильно выраженная тенденция к дезинтеграции общества, поскольку очевидно, что социальные группы, корпорации, сообщества и индивиды по-разному представляют себе образы «единого» социального пространства. Протекают

процессы интеграции и дезинтеграции, опирающиеся не на рациональные начала (консенсус по поводу ценностей и целей), а на иррациональные и эмоциональные побуждения (этнонациональные, религиозные и мифологизированные, региональные и т. д.). Преобладает размытость идентичностей и социальных статусов, что способствует аномии. Коренным образом изменились принципы социального неравенства. Общество стало структурироваться по новым для России основаниям.

Тенденции трансформации социальной структуры в России определяются: 1) преобразованием институциональных основ, прежде всего появлением частной собственности и развитием на ее базе предпринимательства; 2) глубокими переменами в системе занятости (система планового формирования, распределения и использования рабочей силы уступает место не просто свободному, но «дикому» рынку рабочей силы; 3) снижением уровня жизни подавляющей части населения; 4) социальной аномией (разрушением одной ценностно-нормативной системы и несформированностью другой); 5) социальной депривацией, ограничением либо лишением доступа к материальным и духовным ресурсам, необходимым для удовлетворения основных жизненных потребностей.

Трансформация российского общества с неизбежностью повлекла за собой не только изменение социальной структуры, но и остро поставила перед традиционными общностями вопрос об осознании индивидуальной и групповой социальной идентичности, месте в социальной иерархии, уровне сплоченности, системе ценностей.

Основные тенденции отражают углубление социального неравенства (экономического, политического, социального) и маргинализацию значительной части населения. Углубляется неравенство и между регионами, достигая соотношения 1:10. Увеличивается разрыв в оплате труда между отраслями хозяйства. Характерной особенностью процессов социального расслоения являются их чрезвычайная быстрота и биполярная направленность. Верхние слои, на долю которых, по данным различных исследований, приходится до 8% населения, все более резко обособляются от тех, кто концентрируется на «полюсе» бедности. Верхние слои сосредоточивают в своих руках как экономическую, так и политическую власть. В условиях слабости демократических институтов и гражданского общества широкое распространение получили коррупция и теневая экономика. Это способствует укреплению олигархических властных тенденций.

Накладывающиеся друг на друга процессы – обнищание населения и растущее социальное расслоение – приводят к возникновению гипертрофированных форм социального неравенства, создавая внутри одной страны «две России», которые все больше отчуждаются друг от друга. Мы наблюдаем «размывание» прежних границ классов, групп, слоев в результате практически полного исчезновения зависимости между трудом и его оплатой, когда не важно – кто и как работает, а главное – где. Личные доходы, таким образом, больше не обусловлены результатами труда и объективными показателями экономического роста. Идет перераспределение собственности, капитала и труда.

По мнению З.Т. Голенковой, процесс формирования новой социальной структуры и ее состава идет тремя путями, предопределенными базовыми изменениями форм собственности [1,с.97].

Первый путь – возникновение новых социальных общностей на основе плюрализации форм собственности: это специфические слои наемных

рабочих и инженерно-технических работников, занятых в полугосударственном и частном секторах экономики по трудовым соглашениям или постоянно по договорам найма, работники смешанных предприятий и организаций с участием иностранного капитала и т.д.

Второй путь – изменение на базе трансформации государственной формы собственности положения традиционных классово-групповых общностей: их границ, количественно-качественных характеристик, возникновение пограничных, маргинальных слоев и т.д.

Третий путь – появление слоев-страт на основе взаимодействия различных форм собственности: менеджеров – нового управленческого слоя, новой элиты, средних слоев и т.д.

Эти слои находятся на различных уровнях своего «созревания». Одни, например, элита, благодаря особенностям властных отношений, доставшихся от советского режима, легализовались достаточно быстро, сохраняя привилегии и власть. Менеджеры – хотя их и относят к средним слоям – обладают достаточной автономностью. Поэтому нам представляется необходимым проводить определенные различия между инженерами, высококвалифицированными рабочими, представителями различных отрядов специалистов. Последние еще далеки от того, чтобы интегрироваться группой средних слоев, необходимы время и социальные реформы, способные привести к изменениям в структуре занятости больших групп населения.

В исследованиях социальной структуры сейчас преобладают многомерные модели с использованием таких критериев, как имущественное положение и доход, образование, позиция во властной структуре, социальный статус и престиж, самоидентификация, т.е. комбинация объективных и субъективных критериев [5,10,12].

Комбинация этих показателей целесообразна и зависит от задач исследования. Существуют различные системы координат нового социального пространства, которые «конструируются» между потенциально составляющими средних слоев. Традиционные же объективные критерии (доход, уровень образования, должность) не всегда дают действительную картину, так как реальные процессы, особенно связанные с получением доходов, сознательно искажаются. Тогда в качестве дополнительного критерия используется самооценка социального и материального положения, социального самочувствия.

По данным социологов, занятых социальными исследованиями, модель современного российского общества выглядит следующим образом:

- элита – правящая политическая и экономическая – до 0,5%;
- верхний слой – крупные и средние предприниматели, директора крупных и средних приватизированных предприятий, другие субэлитные группы – 6,5%;
- средний слой – представители мелкого бизнеса, квалифицированные профессионалы, среднее звено управления, офицеры – 20%;
- базовый слой – рядовые специалисты, помощники специалистов, рабочие, крестьяне, работники торговли и сервиса – 60%;
- нижний слой – малоквалифицированные и неквалифицированные работники, временно безработные – 7%;
- социальное дно – до 5%.

По уровню материального благосостояния выделяются следующие слои:

- богатые (средства позволяют не только удовлетворять свои потребности, но и организовать самостоятельную экономическую деятельность) – 7%;

- состоятельные (средств достаточно не только для высокого уровня жизни, но и для приумножения капитала) – 5,3%;

- обеспеченные (средств достаточно для обновления предметов длительного пользования, улучшения жилищных условий за свой счет или с помощью кредита, для собственного переобучения и образования детей, организации отдыха во время отпуска) – 15,8%;

- малообеспеченные (средств хватает только на повседневные расходы и в случае крайней необходимости – минимум средств на лечение и укрепление здоровья) – 57%;

- неимущие (наличие минимальных средств только для поддержания жизни и отсутствие средств для улучшения своего существования – 20,2%).

Новый слой – элита – малочислен (вместе с высшим слоем – от 5 до 8%), очень богат (по некоторым данным, 1% семей имеет годовой доход свыше 400 тыс. долларов) и весьма неоднороден. Здесь имеет место конфронтационный плюрализм, где каждая из сторон стремится умножить символический «капитал» своего влияния и выработать свою модель социального, политического, экономического, культурного, идеологического пространства, что приводит к постоянной борьбе за передел сфер влияния.

Средние слои многие авторы склонны рассматривать как цементирующую силу современных обществ, причем проявляющую себя в качестве таковой в различных сферах. В области социальных отношений они являются той средой, которая способна «гасить» значительные противоречия между основными классами. В экономико-социальном плане средние слои выступают носителями тенденции сглаживания противоречий между содержанием труда представителей различных профессий, городским и сельским образом жизни. В сфере семейных отношений средние слои оказываются проводниками традиционных ценностей, сочетая их с ориентацией на равенство возможностей для мужчин и женщин в образовательном, профессиональном, культурном отношениях.

В культурной сфере эти слои представляют оплот ценностей общества. В политическом плане для них характерен незначительный разброс вокруг центра политического спектра, что делает их и здесь оплотом стабильности, залогом эволюционного характера общественного развития, формирования и функционирования гражданского общества. Поэтому без преувеличения можно назвать средние слои подлинными гарантами социальной стабильности в современном обществе – их роль в этом качестве была бы особенно важна для России.

Социальная структура российского общества выглядит как «придавленный к основанию треугольник» (в отличие от «лимона» в развитых странах или «Эйфелевой башни» – в латиноамериканских); особое значение в ней приобретает состояние маргинальности, сопровождающее вынужденный переход человека из одной социально-профессиональной группы в другую и существенно изменяющее характеристики социально-профессионального статуса.

Появились «новые бедные». И ранее, в советское время, в стране было достаточно малообеспеченных. Но более квалифицированный, более сложный труд оплачивался выше, чем малоквалифицированный. Образо-

вание являлось одним из основных структурообразующих факторов. Вузовский диплом был фильтром для продвижения в должностной иерархии. Это, в свою очередь, обусловливало и более высокую оплату труда, а также и долю привилегий в получении дополнительных социальных льгот.

Сопутствующие политическому переустройству экономические процессы – спад производства, безработица, инфляция – сказались на оплате труда, пенсиях, пособиях значительной части общества, привели к резкому уменьшению реальных доходов большей части населения. И среди них оказываются люди по прежним меркам достаточно обеспеченные. Анализ социального состава «новых бедных» выявил присутствие в нем значительной доли специалистов, что позволило выдвинуть гипотезу: рост слоя происходит за счет массового обнищания интеллигенции, считавшей себя ранее среднеобеспеченной. Ядро составляют научные работники, учителя, врачи, руководители низшего уровня, инженеры. Основная часть – люди трудоспособного возраста.

Выделяются активные социальные субъекты (слои и индивиды), адаптировавшиеся к новым условиям, у других этот процесс затянулся, и преобладают деструктивные жизненные стратегии. Дальнейшее развитие социально-стратификационных процессов в российском обществе, трансформация социальной структуры во многом будет зависеть от скорости и направленности экономического и политического реформирования, от социокультурных особенностей страны.

Суть происходящего в настоящее время на социальном пространстве российского общества состоит в изменении соотношения групп и слоев, их иерархии и ролевых функций, а также в углублении социального неравенства между ними.

И далеко не все новые формы неравенства можно с полным правом отнести к категории «справедливых». Поэтому важнейшей задачей социальной политики является забота о том, чтобы эти формы не превышали некие «нормальные» пределы, выход за которые грозит конфликтами и дезинтеграцией общества. «Норма» в данном случае «выступает как оценка того неравенства, которое соответствует условиям, когда практически всё экономически активное население имело бы возможность полностью реализовать свой потенциал, а остальной части населения был бы обеспечен вполне приемлемый уровень жизни» [11,с.57]. Нормальное неравенство создает стимулы для продуктивной конкуренции и эффективного использования ресурсов социально-экономического развития.

Выводы. В заключение можно отметить, что для достижения социального консенсуса, при котором только и возможно преодоление экономического и политического кризиса, необходима интеграция совместных усилий всех социальных слоев. Согласие, социальное партнерство как универсальный способ стабилизации всей системы, снятия напряженности и разрешения конфликтов в современной России, в условиях утверждения рыночных отношений, становится объективной необходимостью и потребностью.

Люди начинают адекватно оценивать свое положение, осознают существующие в обществе конкретные различия в степени обладания властью, собственностью, социальными возможностями. Формирующаяся новая волна социального расслоения общества становится не просто объективной реальностью, но и субъективно осознается личностью, группой, что в перспективе может способствовать смягчению социального неравенства на рациональных началах интеграции, либо же дезинтеграции на конфликтной основе.

Библиографический список

1. Голенкова З.Т. Основные тенденции трансформации социальных неравенств / З.Т. Голенкова // Россия: трансформирующееся общество. – М., 2001.
2. Гофман А.Б. Мартовские тезисы о социологии равенства и неравенства / А.Б. Гофман // СОЦИС. – 2004. – №7.
3. Давидович В.Е. Социальная справедливость: идеал и принцип деятельности / В.Е. Давидович. – М., 1989.
4. Дубко Е.Л., Титов В.А. Идеал, справедливость, счастье/ Е.Л. Дубко. – М., 1989.
5. Заславская Т.И. Социальная структура современного российского общества / Т.И. Заславская // Общественные науки и современность. – 1997.– №2.
6. Ильин И.А. О справедливости / И.А. Ильин // Народное образование. – 1993.– №1.
7. Оганесян А.К. Равенство и справедливость (Концепции Д. Роулса и Д. Белла) / А.К. Оганесян // Этическая мысль: науч.-публицист. чтения. – М., 1990.
8. Россия в цифрах, 2003 г.: статистический сборник. – М., 2003.
9. Свобода и справедливость: диалог мировоззрений: материалы симпозиума. – Н. Новгород, 1993.
10. Здравомыслов Г.А. Социальное расслоение и социальная мобильность / Г.А. Здравомыслов. – М., 1999.
11. Шевяков А. Экономический рост и неравенство / А. Шевяков // Общество и экономика. – 2004.– № 2.
12. Шевяков А.Ю. Измерение экономического неравенства / А.Ю. Шевяков, А.Я. Кирута. – М., 2002.
13. Для подготовки данной работы были использованы материалы сайта http://www.ecsocman.edu.ru

Материал поступил в редакцию

V.V. KOSHELEV

SOCIAL EQUITY AND SOCIAL DISPARITY OF CONDITION MODERN RUSSIA

The article is devoted to the social problem disparity of division people in class, equity and social disparity. The devoted to the philosophical aspects of finding mean in the common in the modern Russia.

КОШЕЛЕВ Владимир Владимирович (р.1985), аспирант кафедры «Философия» ДГТУ. Окончил ДГТУ (2007).
Научные интересы связаны с проблемами социальной стратификации общества в условиях современной России.
Имеет одну научную работу.

bobmercik@mail.ru

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 378

Г.В.КУРАКОВА

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СРЕДНИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В условиях кризисных явлений в обществе развивающее обучение позволяет не только сберегать интеллектуальный потенциал подрастающего поколения, но и приумножать его, содействуя выработке и упрочению определенных профессиональных навыков. Технология создания психологических условий подготовки к творческой деятельности при реализации личностного подхода к обучающемуся содействует развитию творческого мышления и воображения, позволяет создавать условия для наиболее эффективного раскрытия индивидуальных качеств обучающихся.

Ключевые слова: *педагогическая технология; личностный подход; развивающее обучение; образовательное учреждение; среднее профессиональное образование.*

Введение. Жизнь выдвинула общественный «заказ» на формирование творческой личности, которая способна, в отличие от человека-исполнителя, самостоятельно мыслить, принимать смелые и порой нестандартные решения, генерировать определенные идеи. Но опыт показывает, что учащиеся даже выпускных классов не всегда могут самостоятельно решать проблемы, не могут системно и диалектично мыслить, переходя от одного вида деятельности к другому. Им не хватает творческого воображения, инициативы, а порой и находчивости, изобретательности. Такое положение дел требует перехода на качественно новый этап в непрерывном учебно-воспитательном процессе. И таким этапом, на наш взгляд, является обучение в колледжах, осуществляющих подготовку специалистов для той или иной отрасли. Ориентиром сущности применения разнообразных педагогических технологий в контексте гуманитаризации в средних специальных учебных заведениях является работа на личность, способствующая профессиональному усовершенствованию.

Процесс обучения в средних специальных учебных заведениях, каковыми являются колледжи, направлен на развитие самостоятельности мышления и изобретательности. В 20-е годы минувшего века, когда целью общества и системы образования было формирование «нового» человека, появилась «новая философия» образования – педагогика развития личности, лежащая в основе реформы. Формы и методы обучения приобрели деятельностный характер, что особенно важно для организации учебно-воспитательного процесса на основе гуманитаризации в средних специальных учебных заведениях. Позже реформаторский подход, который зарождался снизу, усиленный активностью липецких, ростовских, новосибирских, казанских педагогов-новаторов стал основой внедрения новых форм и методов обучения, повышения научного уровня обучения в системе среднего специального образования и зарождения педагогических концепций. «Характерные тенденции этого процесса проявились в специфике и особенностях тех педагогических технологий, которые, опираясь на соответствующие теоретические основы, приобрели ярко выраженную личностно-

ориентированную гуманистическую направленность в системе среднего профессионального образования (комплексы воспитательных действий и индивидуально дифференцированных заданий, методика стимулирующих ситуаций, концепции общего стимулирования в педагогическом процессе, внедрение психолого-психологических диагностик, дающих возможность выявить реальный круг интересов и потребностей обучающихся в средних профессиональных учебных заведениях, широкое применение средств эмоционально-волевого воздействия через внедрение в процесс обучения элементов нового и неожиданного» [1, с. 87].

Говоря о системе среднего специального образования, о ее гуманитаризации посредством применения современных педагогических технологий, весьма целесообразно, на наш взгляд, изучить сущность и специфику творческой деятельности. Педагоги и психологи рассматривают творчество как высший уровень логического мышления, являющегося импульсом к деятельности. Творческая деятельность применительно к системе среднего профессионального образования, на наш взгляд, является важнейший жизненной потребностью, а творческий стиль поведения обучающихся является результатом применения современных образовательных технологий в контексте гуманитаризации учебно-воспитательного процесса. Мы считаем, что основным показателем творческой личности, ее главнейшим признаком является наличие творческих способностей, которые рассматриваются как индивидуально-психологические свойства человека, отвечающие требованиям творческой деятельности и являющиеся условием ее успешного осуществления. «Творческие способности связаны с созданием нового оригинального продукта, с поиском новых средств деятельности» [2, с. 22].

Рассмотрим механизмы практического осуществления технологии формирования творческой личности, целесообразной для таких образовательных учреждений, как колледжи. Исследования показывают, что пока еще лишь у 23 % обучающихся колледжей формируются целевые установки на выявление нового, ранее не известного материала, а у остальных – на механическое запоминание (текстов, правил, различных теоретических предпосылок). Для успешного решения этой проблемы, по нашим наблюдениям, и участия в организации учебно-воспитательного процесса в колледже, преподавателю целесообразно направлять работу по трем направлениям: правильно формулировать целевую установку (определять, перечислять факты, подлежащие усвоению; давать общее представление по теме, которую нужно изучить; обращать внимание на новизну изучаемого материала; уделять внимание критике, критическому отношению к учебнику; осуществлять прогнозирование); активизировать контроль восприятия; повышать темп мыслительных операций, обращать внимание на глубину и четкость их осознания на зрительное представление фактов, определение главного в изучаемом материале, анализ прочитанного, установление причинно-следственных связей, критическое отношение к тексту.

Кроме того, следует напомнить, что хороший результат может быть получен преподавателем благодаря четкому следованию принципам учебно-воспитательного процесса, среди которых можно выделить: принцип развития, который учитывает возрастные и индивидуальные особенности обучающихся; принцип самодеятельности, имеющий своей целью деятельностный подход, когда обучающиеся чувствуют себя соучастниками организации учебно-воспитательного процесса, а идеи преподавателя полностью овладевают ими; принцип самоорганизации, который должен быть хорошо отработан наставником. Место преподавателя на каждом этапе

учебного занятия, его деятельность можно охарактеризовать следующим образом: обучать, направлять, содействовать, помогать.

В самостоятельном творческом процессе, который в свою очередь характеризуется тремя взаимообусловленными факторами: 1) обучающийся ставит задачу и занимается поиском необходимой информации; 2) обучающийся рассматривает задачу с разных сторон; 3) обучающийся доводит начатую работу до логического завершения. Следует помнить, что каждый из обучающихся является индивидуальностью, и потому характеризуется уникальным набором перечисленных выше качеств. Особенно важно это учитывать при организации учебно-воспитательного процесса в образовательных учреждениях среднего профессионального образования, куда приходят добровольно по зову сердца, избирая ту или иную специальность для своей будущей активной жизнедеятельности.

Творчески одаренный учащийся в наибольшей степени выразительно проявляет себя в интеллектуальной, коммуникативной и художественной сферах деятельности. Создание внутренних предпосылок, которые обеспечивали бы творческую активность обучающихся колледжа, может быть осуществлено благодаря: а) формированию нового педагогического мышления наставника и повышению его компетентности относительно применения различных образовательных технологий; б) глубокому изучению личностных творческих возможностей обучающихся и оценки уровня их сформированности; в) усовершенствованию учебно-воспитательного процесса посредством реализации психологических аспектов усвоения знаний, проблемно-диалогического подхода, нестандартных учебных занятий и т.п.

Технология создания психологических условий подготовки к творческой деятельности тесно переплетается с другими технологиями, но в то же время она имеет конкретный алгоритм действий, в котором заключены ее специфические черты: 1) деятельность обучающегося не должна чрезмерно регламентироваться, ее следует организовать так, чтобы были элементы творчества, которые предусматривают комбинирование, интегрирование, универсализацию, некоторые видоизменения отдельных элементов учебно-воспитательного процесса; 2) целесообразно вызывать интересы, через которые проходят все внешние воздействия, порождая внутренние стимулы, что и является побудителем активности личности.

Важную роль в пробуждении у учащихся интереса к дальнейшему образованию и самосовершенствованию могут сыграть следующие факторы: подбор наставником таких заданий, которые требуют творческого осмысления, обобщения, систематизации, умений и навыков сравнивать и анализировать уже известное, экспериментировать, вести поиск в определенном направлении; создание условий для развития ситуативного интереса, который может сыграть роль «пускового» механизма в осуществлении конкретного вида деятельности; активное использование игровых элементов, стимулирующих проявление самостоятельности обучающихся, их творческих возможностей; выполнение творческих заданий. При этом следует заметить, что одно и то же задание может стимулировать развитие творческих возможностей одних воспитанников и тормозить – других. Это зависит от уровня развития обучающихся. Мастерство наставника в данной ситуации как раз заключается в том, чтобы привлечь всех к выполнению разнообразных творческих заданий.

Технология использования в ходе занятий в колледжах учебных и учебно-творческих заданий представляется нам таким образом: 1) анализ

условия задачи и выяснение уже имеющихся данных и того, что нужно найти; 2) определение сведений, которые необходимы для ответа на вопрос предложенной задачи; 3) выяснение, все ли необходимые данные приведены в условии задачи; если приведены не все данные, то определить средства нахождения недостающих величин; 4) планирование последовательности операций, направленных на нахождение ответа (алгоритм решения); 5) реализация запланированного пути решения поставленной задачи; 6) проверка решения задачи. Такая организация творческой учебной деятельности воспитанников колледжей дает возможность каждому работать в оптимальном темпе, не ощущая своей интеллектуальной неполноценности, постигать обобщенные приемы умственной деятельности, методы разрешения широкого круга задач.

Выводы. Рассмотренная в статье технология организации творческой учебной деятельности содействует формированию творческой личности, готовой к обучению на качественно новом этапе, деятельность которой можно охарактеризовать новизной, неповторимостью, оригинальностью. Для такой личности потребность в творческой деятельности является важной жизненной потребностью, а творческий стиль деятельности – наиболее типичным. И этому могут помочь современные инновации, технологии, которые делают учебно-воспитательный процесс творческим и гуманистическим.

Библиографический список

1. Беспалько В.П. Слагаемые педагогических технологий / В.П. Беспалько. – М., 1989.
2. Скотт Дж.Г. Сила ума; пер. с англ. – СПб, 1998.

Материал поступил в редакцию 26.03.09.

G.KURAKOVA

THE PECULIARITIES OF USING OF THE INNOVATION TECHNOLOGIES AT COLLEGES

In terms of crisis in the modern society the developing education lets us keep the intelligent mentality of young generation end develop it without any difficulties. It will assist to work out and drill modern the professional skills of young people The technology of making psychological conditions helps to develop rich imagination of a student in preparing for creative activity realizing the personal approach .It gives us opportunity to create the atmosphere for more effective revealing of the individual traits of a person.

КУРАКОВА Галина Владимировна, заведующая отделением экономики и управления, заведующая кафедрой общественных наук ГОУ СПО «РКСИ». Окончила Ростовский государственный педагогический институт (1978).
Научные интересы: инновационные педагогические технологии, теория и методика профессионального образования.
Имеет пять научных публикаций.

e-mail: kurakova@rksi.ru

УДК 371.263(07)+378.001.891

Е.Ф. КОРСУНОВА

ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНЫХ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ

Настоящая статья представляет собой краткий обзор современного состояния международных сравнительных исследований в области образования. Это направление представляет интерес с практической точки зрения, поскольку в России в настоящее время реализуется множество международных и национальных проектов, отмечается большой интерес к зарубежному опыту, способствующему совершенствованию отечественной системы образования.
Ключевые слова: *сравнительные исследования, качество образования, оценка образовательных достижений обучающихся, тестирование.*

Введение. В последние десятилетия наблюдается заметный интерес к международным проектам по оценке качества образования и расширение масштабов практико-ориентированных исследований, что вызвано возрастающим спросом на информацию о деятельности образовательных систем разных стран. Знания о состоянии и качественном уровне образования стали необходимыми для создания единого европейского образовательного пространства. Значительное расширение политического, экономического и социального сотрудничества между странами изменили вектор развития национальных образовательных систем и предъявили к ним ряд новых требований. Очевидно, что эти требования не могут быть реализованы без проведения сравнительного анализа качества образовательных достижений обучающихся.

Методы исследований образовательных достижений школьников. Международные сравнительные исследования в сфере образования для оценки предметной подготовленности школьников начали регулярно проводиться в конце XX в. с цикличностью один раз в 3-5 лет. Их проведение осуществляют Международная Ассоциация по оценке учебных достижений IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achivements), Организация экономического сотрудничества и развития ОЭСР (OECD – Organization for Economic Cooperation and Development) и др. В таких исследованиях в разные годы принимают участие от 40 до 70 стран [1]. В процессе тестирования и анкетирования школьников, а также анкетирования учителей и администрации школы изучается состояние системы образования. Количество участников исследований одинаково для всех стран-участниц. Для того чтобы обеспечить сопоставимость данных по разным странам, группы определяются на основе возрастного критерия, а результаты исследований интерпретируются по отношению к выбранной группе учащихся.

В основу классификации образовательных структур и программ при разработке международных показателей ОЭСР положена Международная стандартная классификация образования ЮНЕСКО-МСКО (The International Standard Classification of Education – ISCED), принятая в 1975г. и существенно пересмотренная в 1997г. с учетом значительных изменений в мире за прошедший период. МСКО является инструментом преобразова-

ния данных, собранных в различных образовательных системах на основе четких определений и классификации уровней образования, учебных программ и т.п. [2].

Россия участвует в таких обследованиях с 1991г., координацию осуществляет Институт содержания и методов обучения Российской академии образования (ЦОКО ИСМО РАО) под руководством Рособрнадзора. Первым проводилось исследование по оценке подготовки школьников IAEP-II (International Assessment of Educational Progress-II) под руководством Американского центра педагогического тестирования ETS (Educational Testing Service). Целью исследования являлась сравнительная оценка качества подготовки учащихся 9- и 13-летнего возраста по естественно-математическим предметам в странах с различными системами образования для выявления факторов, оказывающих влияние на подготовку школьников. Впервые в практике проведения проверки знаний учащихся была сформирована представительная выборка учащихся по методикам, соответствующим мировым стандартам [3].

Сегодня наиболее известные проекты международных обследований учебных достижений школьников, в которых участвует Россия – PISA, TIMSS, PIRLS, CIVIC и т.д. PISA (Programme for International Student Assessment) - международная программа по оценке образовательных достижений учащихся 15-летнего возраста, проводится трехлетними циклами. В каждом цикле основное внимание (две трети времени тестирования) уделяется одному направлению. В 2000 г. основным направлением была «грамотность чтения», в 2003 г. – «математическая грамотность», в 2006 г. – «естественнонаучная грамотность». Ключевой вопрос исследования: «Обладают ли учащиеся 15-летнего возраста, получившие общее обязательное образование, знаниями и умениями, необходимыми для полноценного функционирования в обществе?». Особое внимание уделяется пониманию основных понятий, овладению основными методами, изучаемыми в рамках указанных выше направлений, оценке способности учащихся применять полученные знания и умения в нестандартных жизненных ситуациях.

"Грамотность чтения" – способность человека к пониманию письменных текстов и рефлексии на них, к использованию их содержания для достижения собственных целей, развития знаний и возможностей, для активного участия в жизни общества. Не предполагалось в явном виде проверять технику чтения. Цели исследования отражают современное представление об умении "грамотно читать", согласно которому выпускник основной школы должен понимать тексты, размышлять над их содержанием, оценивать их смысл и значение и излагать свои мысли о прочитанном. Учащимся предлагаются тексты разных жанров: отрывки из художественных произведений, биографии, тексты развлекательного характера, личные письма, документы, статьи из газет и журналов, инструкции, рекламные объявления, географические карты и др. В них используются различные формы представления информации: диаграммы, рисунки, карты, таблицы и графики.

"Математическая грамотность": не ставится цель проверить выделенные знания и умения каждое в отдельности, но для решения задач тре-

буется использовать знания и умения разных тем и разделов не только из курса математики, но и других предметов, например, физики, биологии.

"Естественнонаучная грамотность" рассматривается как способность использовать естественнонаучные знания для выделения в реальных ситуациях проблем, которые могут быть исследованы и решены с помощью научных методов. Реальные ситуации, предлагаемые учащимся, связаны с актуальными проблемами, которые возникают в жизни каждого человека (например, выбор продуктов при соблюдении диеты, определение места электростанции относительно города, осмысление последствий глобального потепления и др.). Естественнонаучные знания и умения, овладение которыми оценивается в исследовании, в отечественной школе формируются при изучении предметов естественнонаучного цикла: физики (с элементами астрономии), биологии, химии, географии. При этом важно понять, какой процент составляют учащиеся с высоким уровнем «естественнонаучной грамотности», которые в будущем способны заняться профессиональной деятельностью в области естественных наук и технологии, а также выявить учащихся, показавших низкий уровень (ниже базового 2-го). Приведем результаты по России в сравнении с некоторыми странами, участвовавшими в исследовании (табл. 1). Только небольшое число российских учащихся (4,2%) имеют высокий уровень «естественнонаучной грамотности». Наблюдается значительное отставание от лидирующих стран (Финляндия – 20,9%) и от некоторых развитых стран мира (Япония – 15%, Германия – 11,8%, США – 9%). Самый высокий (6-й) уровень «естественнонаучной грамотности» продемонстрировали только 0,5% российских учащихся. Для сравнения: в среднем по странам ОЭСР таких учащихся 1,3%, в лидирующих странах, например, в Финляндии – 3,9% [4].

Таблица 1

Распределение (в %) учащихся по уровням
«естественнонаучной грамотности» для ряда стран

Страна	Уровень		
	высокий	достаточный	ниже базового
Финляндия	3,9	92,0	4,1
Япония	2,6	85,4	12,0
Чешская республика	1,8	82,7	15,5
Германия	1,8	82,8	15,4
Франция	0,8	78,0	21,2
Венгрия	0,6	84,4	15,0
США	1,5	74,1	24,4
Все страны ОЭСР	1,3	79,4	19,3
Россия	**0,5**	**77,3**	**22,2**

TIMSS (Trends in Mathematics and Science Study) - сравнительное исследование по оценке качества математического и естественнонаучного образования. Целью исследования является сравнительная оценка математической и естественнонаучной подготовки учащихся начальной школы (4-й класс) и основной школы (8-й класс). К настоящему времени в России проведено четыре цикла: в 1995, 1999, 2003 и 2007 гг.

Результаты российских школьников в 2007 г. превысили средние международные показатели (средний балл по шкале TIMSS – 500):

по математике:

4-й класс – 544 балла, 6-е место по рейтингу среди 36 стран;

8-й класс – 512 баллов, 8-е место среди 49 стран;

по естествознанию:

4-й класс – 546 баллов, 5-е место среди 36 стран;

8-й класс – 530 баллов, 10-е место среди 49 стран.

По сравнению с предыдущими этапами исследования TIMSS в 2007 г.:

- результаты российских выпускников начальной школы *по математике* практически не изменились – 532 балла в 2003 г. и 544 в 2007 г., а *по естествознанию* стали значимо выше – 526 и 546 баллов соответственно;

- результаты восьмиклассников *по математике* статистически не отличаются от результатов 1995 и 2003 г. – 524 и 508 баллов соответственно; *по естествознанию* – незначительное повышение результатов по сравнению с 1995 годом и статистически значимо выше, чем в 2003 г., наметилась позитивная тенденция.

В 2003 г. в исследовании участвовали 52 страны мира, в 2007 г. – 63 страны. В связи с изменением состава стран прямое сравнение их рейтинга в различные годы затруднено, поэтому целесообразно сравнивать результаты стран по увеличению или уменьшению среднего балла страны (см. табл. 2-3) по сравнению со средним международным баллом TIMSS, который не зависит от состава стран [3].

Сопровождающее анкетирование учащихся, учителей и администрации школ позволило выявить факторы, влияющие на качество образования.

Таблица 2

Сравнение результатов (2003 и 2007 гг.) по естествознанию (4-й класс)

2003 г.		2007 г.	
Страна	Разность между средним баллом страны и средним международным баллом (500)	Страна	Разность между средним баллом страны и средним международным баллом (500)
Сингапур	65	Сингапур	87
Тайвань	51	Тайвань	57
Япония	43	Гонконг	54
Гонконг	42	Япония	48
Англия	40	**Россия**	**46**
США	36	Англия	42
Венгрия	30	США	39
Россия	**26**	Венгрия	36
Австралия	21	Италия	35
Италия	16	Австралия	27
Шотландия	2	Словения	18
Словения	-10	Шотландия	0
Норвегия	-34	Армения	-16
Армения	-63	Норвегия	-23
Иран	-86	Иран	-64
Тунис	-186	Тунис	-182

Таблица 3

Сравнение результатов (2003 и 2007 гг.) по естествознанию (8-й класс)

2003 г.		2007 г.	
Страна	Разность между средним баллом страны и средним международным баллом (500)	Страна	Разность между средним баллом страны и средним международным баллом (500)
Сингапур	78	Сингапур	67
Тайвань	71	Тайвань	61
Гонконг	56	Япония	54
Япония	52	Англия	42
Англия	44	Венгрия	39
Венгрия	43	Словения	38
США	27	Гонконг	30
Австралия	27	**Россия**	**30**
Словения	20	США	20
Россия	**14**	Австралия	15
Шотландия	12	Шотландия	-4
Норвегия	-6	Италия	-5
Италия	-9	Армения	-12
Армения	-39	Норвегия	-13
Иран	-47	Иран	-41
Тунис	-96	Тунис	-55

PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study) – международный проект «Изучение качества чтения и понимания текста» для выпускников начальной школы. Россия в данном исследовании участвовала в двух циклах: в 2001 г. и в 2006 г. В исследовании оценивались два вида чтения, которые чаще других используются учащимися во время учебных занятий и вне школы:

- чтение с целью приобретения литературного читательского опыта;
- чтение с целью освоения и использования информации.

Поскольку это исследование является мониторинговым и как одну из своих основных задач ставит изучение динамики качества чтения, необходимым условием является повторное использование части текстов и заданий к ним в каждом из циклов. Соответственно у стран, участвовавших в исследовании и в 2001 г., и в 2006 г., была возможность сравнить результаты выполнения заданий (табл. 4).

Таблица 4

Результаты исследования PIRLS в 2001 и 2006 гг.

Страна	Средний балл		Разница между баллами
	2001 г.	2006 г.	
1	2	3	4
Россия	**528**	**565**	**37**
Гонконг	528	564	36
Сингапур	528	558	30
Словения	502	522	20
Италия	541	551	11
Германия	539	548	9
Венгрия	543	551	8

Окончание табл.4

1	2	3	4
Иран	414	421	7
Израиль	509	512	3
Новая Зеландия	529	532	3
Шотландия	528	527	-1
Норвегия	499	498	-1
США	542	540	-2
Франция	525	522	-3
Швеция	561	549	-12
Англия	553	539	-14
Румыния	512	489	-23
Марокко	350	323	-27

CIVIC (на данном этапе ICCS) – международное исследование по граждановедческому образованию. Исследование ориентировано на выявление представлений учащихся, полученных из различных источников, в том числе сформированных окружающей жизнью. Изучаются не только знания учащихся в области граждановедческого образования, но и их интеллектуальные умения, мнения, способность применять знания в воображаемых ситуациях, отношение к ряду социальных вопросов. В 2009 г. в 45 регионах России, в том числе в Ростовской области, проходит тестирование и анкетирование учащихся 8-х классов в рамках Международного сравнительного исследования качества граждановедческого образования ICCS (International Civic and Citezenship Education Study).

Ключевое направление исследования – "демократическое, правовое государство". Основная часть тестовых материалов связана с политико-правовой сферой жизни общества. Можно проследить следующие содержательные линии:

- общие представления о демократической стране;
- политическая деятельность в условиях демократии;
- деятельность общественных организаций;
- избирательная система;
- управление демократической страной;
- права человека, гражданские свободы, обязанности граждан;
- законы и суд в демократической стране; международные правовые документы.

Выводы. Анализ результатов показал, что подготовка российских учащихся в области знаний значительно преобладает над практико-ориентированной [1]. Учет этих факторов привел к необходимости изменения подходов к обучению школьников, усилению практико-ориентированной составляющей в программах и учебниках. В результате в 2006 г. в исследовании PIRLS – изучение качества чтения и понимания текста выпускниками начальной школы – Россия заняла первое место.

Участие в международных сравнительных обследованиях показало необходимость аналогичных обследований внутри страны. Для этого стали разрабатываться методы и средства стандартизированного тестирования, начало которому было положено в 1996 г. в форме централизованного тестирования выпускников 9-х и 11-х классов. Оно явилось основой для создания информационно-технологической и методической базы единого государственного экзамена (ЕГЭ), проводившегося с 2001 г. по 2008 г. в режиме эксперимента, а с 2009 г., согласно изменениям в «Законе об образовании», вошедшего в штатный режим [5].

Большое значение для оценки качества образования получили массовые региональные обследования предметной подготовленности обучающихся и условий реализации образовательного процесса. В Ростовской области в течение десяти лет ведутся такие исследования и системный анализ их результатов. За эти годы многое в образовательных технологиях и содержании образования изменено именно в результате использования результатов сравнительных обследований всех уровней [6].

Международный и отечественный опыт сравнительных исследований показывает, что для оценки эффективности реформ в сфере образования необходимы ориентиры, позволяющие судить о тенденциях в изменении системы образования и дающие основания для корректировки направлений повышения качества обучения школьников, совершенствования программ и технологий обучения.

Библиографический список

1. Болотов В.А. Системы оценки качества образования: учеб. пособие / В.А. Болотов, Н.Ф. Ефремова. – М.: Университетская книга; Логос, 2007.

2. Мониторинг развития образования в мире. http://rudiplom.ru/articles/.

3. Краткая информация о результатах международных исследований. http://www.centeroko.ru.

4. Основные результаты международного исследования образовательных достижений учащихся PISA-2006. Центр оценки качества образования ИСМО РАО, 2007.

5. Закон Российской Федерации от 10 июля 1992 г., № 3266-I "Об образовании" (с изменениями и дополнениями). http://www.garant.ru/law.

6. Опыт построения систем оценки качества образования: мат. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008.

Материал поступил в редакцию 17.02.09.

E.F. KORSUNOVA

REVIEW OF INTERNATIONAL COMPARATIVE STUDIES OF SCHOOL STUDENT EDUCATIONAL ACHIEVEMENTS

This article offers a brief review of the current state of international comparative studies in the field of education. This direction is of a practical interest, as in Russia a number of international and national projects is currently underway, and a great interest is displayed to the foreign experience which is helpful to the further perfection of the national system of education.

КОРСУНОВА Елена Федоровна, аспирантка кафедры "Педагогические измерения" ДГТУ. Окончила физический факультет Кубанского государственного университета (1997).
Научные интересы: методология сравнительных исследований в образовании, современные педагогические технологии, методы статистической обработки результатов тестирования.
Имеет 10 научных публикаций.
Email:eKorsunova@dstu.edu.ru

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Статья должна быть представлена в двух экземплярах, распечатанных через 1,5 интервала на белой бумаге формата А4, ориентация книжная; шрифт Times New Roman, высота 14.

2. Текст статьи представляется также на магнитном носителе (дискета, CD-диск) в формате текстового редактора "Word for Windows 6.0" или передается по электронной почте.

3. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее на первой странице данные идут в такой последовательности: инициалы и фамилии авторов; полное название статьи; краткая (3-6 строк) аннотация; ключевые слова (3 – 8). Затем идет текст самой статьи, библиографический список.

4. Дополнительно к статье должен быть представлен реферат на английском языке, включающем инициалы, фамилию автора и полное название статьи.

5. Статья должна предусматривать разделы: введение (постановка задачи), методы испытаний, результаты эксперимента и их обсуждение, выводы или заключение.

6. Объем статьи не должен превышать 16 страниц машинописного текста, 5 рисунков или фотографий; обзора - 25 страниц, 10 рисунков; краткого сообщения - не более 3 страниц, 2 рисунков.

7. Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, pcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf). Каждый рисунок должен иметь подпись. Рисунки должны иметь контрастное изображение. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в формульном редакторе MS Word.

8. Размерность физических величин, используемых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.).

9. Библиографический список должен включать: фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала, том, год, номер или выпуск, страницы, а для книг - фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания (город), издательство, год издания, количество страниц.

10. На отдельной странице должны быть представлены краткие сведения об авторах статьи (год рождения, год присвоения степени и звания, название вуза и год его окончания, должность, область научных интересов, количество публикаций).

11. Редколлегия оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

12. Статьи, не отвечающие правилам оформления, к рассмотрению не принимаются, рукописи и магнитные носители авторам не возвращаются. Датой поступления считается день получения редколлегией окончательного текста статьи.

13. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.